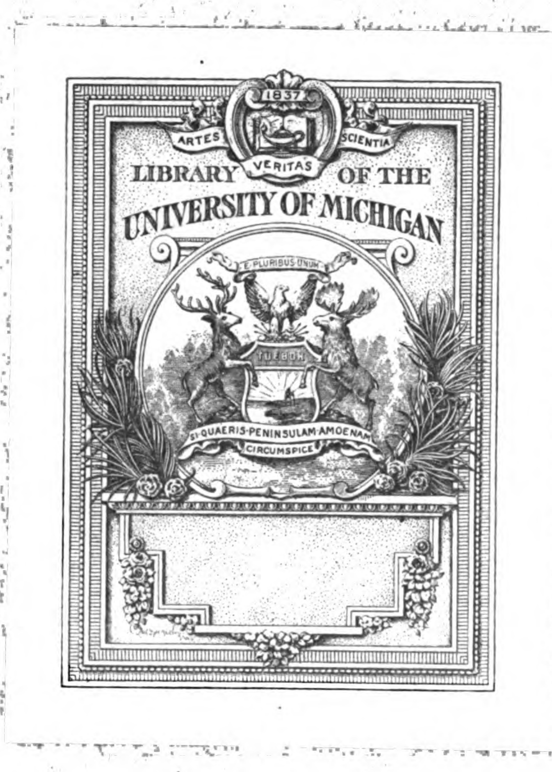
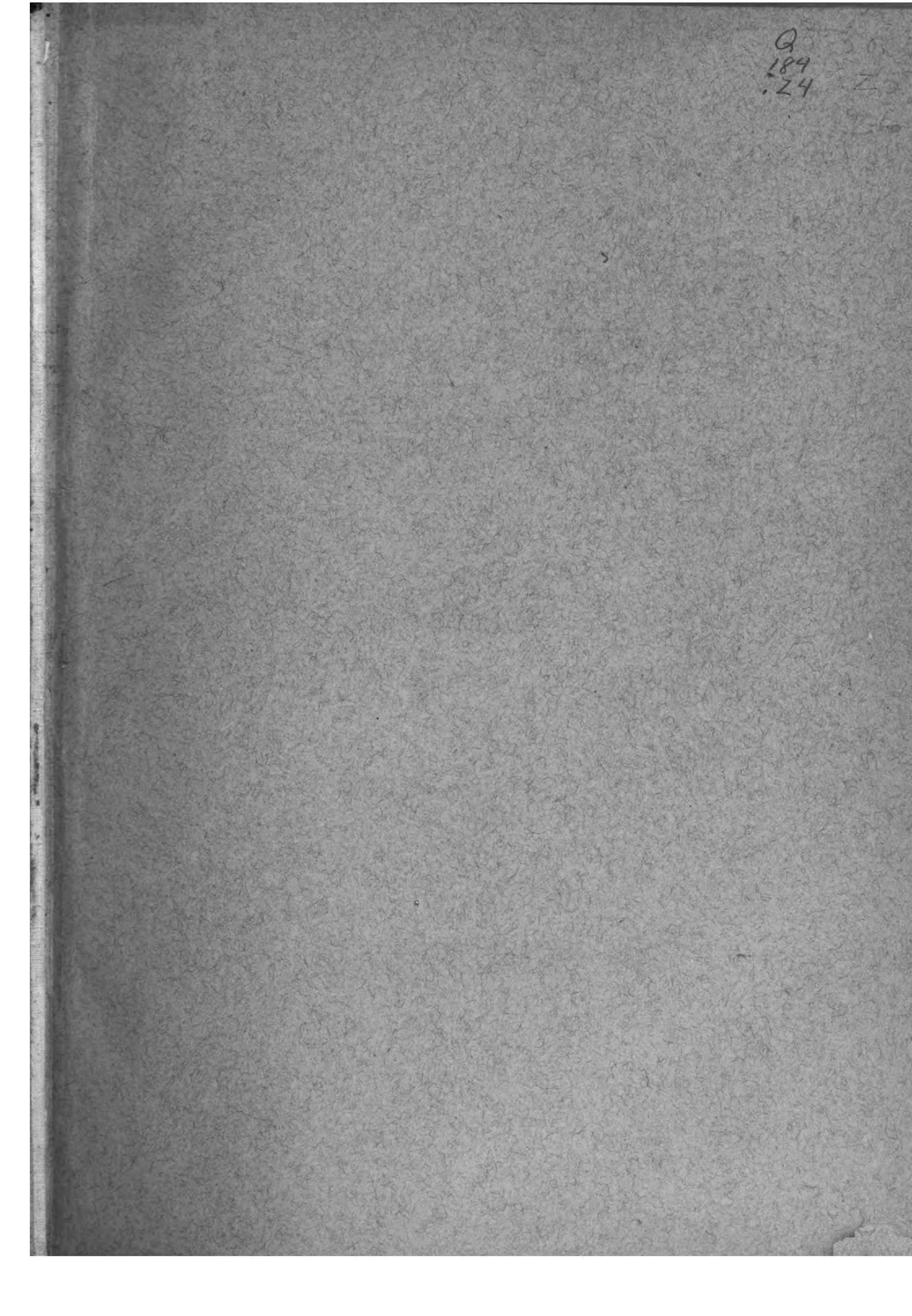
IFT

NK.





ZEITSCHRIFT

FÜR

INSTRUMENTENKUNDE.

Organ

für

Mitteilungen aus dem gesamten Gebiete der wissenschaftlichen Technik.

Herausgegeben

unter Mitwirkung der

Physikalisch-Technischen Reichsanstalt

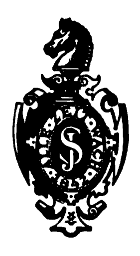
von

L. Ambronn in Göttingen, **W. Foerster** in Berlin, **R. Fuess** in Berlin, **E. Hammer** in Stuttgart, **F. R. Helmert** in Potsdam, **H. Kronecker** in Bern, **H. Krüss** in Hamburg, **V. v. Lang** in Wien, **A. Raps** in Berlin, **J. A. Repsold** in Hamburg, **A. Rueprecht** in Wien, **R. Straubel** in Jena, **A. Westphal** in Berlin.

Redaktion: Geh. Reg.-Rat Prof. Dr. **St. Lindeck** in Charlottenburg-Berlin.

Dreißigster Jahrgang 1910.

Mit Beiblatt: Deutsche Mechaniker-Zeitung.



Berlin.

Verlag von Julius Springer.

1910.

Inhaltsverzeichnis.

Referate.

Bücherbesprechungen.

Zeitschrift für Instrumentenkunde.

Kuratorium:

Geh. Reg.-Rat Prof. Dr. **H. Landolt**, Vorsitzender, Geh. Reg.-Rat Prof. Dr. **A. Westphal**, geschäftsführendes Mitglied, Dr. **H. Krüss**, Prof. Dr. **R. Straubel.**

Redaktion: Prof. Dr. **St. Lindeck** in Charlottenburg-Berlin.

XXX. Jahrgang. **Januar 1910.** Erstes Heft.

Über die Nutzbarmachung des Stereo-Komparators für photometrische und spektrographische Messungen und für die Messung von Sterngrößen.

Von

Dr. **C. Pulfrich** in Jena.

(Mitteilung aus der optischen Werkstätte von Carl Zeiss.)

Dem Blinkmikroskop, mit dem die beiden astronomischen Modelle (A und B) des Stereo-Komparators ausgerüstet sind[1]), habe ich neuerdings eine Einrichtung gegeben, durch welche die Anwendbarkeit des Blinkmikroskops für die bisherigen Zwecke nicht nur vervollkommnet, sondern auch auf *photometrische* und *spektrographische Messungen* und auf die *Messung von Sterngrößen* ausgedehnt wird.

Die Voraussetzung für die Verwendung des Blinkmikroskops zu photometrischen Messungen bildet zunächst die Beseitigung eines dem Blinkmikroskop anhaftenden Mangels, der darin besteht, daß das von der halbdurchlässigen Silberschicht (s_2 in Fig. 1) durchgelassene Licht in bezug auf Farbe und Intensität nicht vollkommen identisch ist mit dem an ihr reflektierten Lichte. Bei dem Vergleich von Sternplatten und auf der Suche nach Plattenfehlern, veränderlichen Sternen, Planeten und Kometen ist das beobachtende Auge durch die vorhandenen Unterschiede der Sternbilder so in Anspruch genommen, daß die durch die Silberschicht hervorgerufenen Unterschiede in der Farbe und Helligkeit der beiderseitigen Bilder nicht weiter ins Gewicht fallen, um so weniger, weil die miteinander zu vergleichenden Platten ohnedies nicht immer die gleiche Helligkeit besitzen.

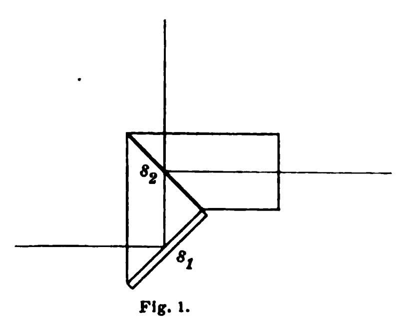


Fig. 1.

Anders natürlich bei photometrischen Messungen. Ein Mittel, den Mangel zu beseitigen, besteht darin, daß man an Stelle der halbdurchscheinenden Silberschicht einen undurchsichtigen Silberspiegel anbringt, der aber nur die Hälfte der Prismenfläche bedeckt, während die andere Hälfte für den geraden Durchgang der Lichtstrahlen freibleibt. Man hat dann nur noch nötig, um eine vollständige Gleichheit der beiden Büschel zu erzielen, die bisher total reflektierende Fläche s_1 in Fig. 1 ebenfalls mit einem Silberbelag zu versehen, den man zweckmäßig durch eine aufgekittete Glasplatte schützt.

[1]) Vgl. *diese Zeitschr.* **24.** *S. 161. 1904.*

Diese Anordnung hat aber den großen Nachteil, daß bei der geringsten seitlichen Bewegung des Kopfes die Pupille des Auges bald mehr das eine Büschel, bald mehr das andere in sich aufnimmt, ein Nachteil, der auch bei anderen Instrumenten (z. B. bei dem Sextanten) mit halbierter Austrittspupille als solcher besonders dann empfunden wird, wenn die Pupille des Auges infolge allzugroßer Helligkeit der Umgebung oder des Objekts ungefähr die gleiche Größe hat oder sogar kleiner ist als die Austrittspupille des Instrumentes. Allerdings ist bei photometrischen Messungen, da man diese in der Regel im vollständig verdunkelten Zimmer vornimmt, die Pupille des Auges weit geöffnet und daher in der Lage, eine normale Austrittspupille des Instrumentes von 2 bis 3 *mm* Durchmesser bei einigermaßen ruhig gehaltenem Kopfe vollständig in sich aufzunehmen.

Die Rücksichtnahme auf die Verwendung des Blinkmikroskops bei hellem Tages- oder Lampenlicht verlangt daher geradezu eine Zerlegung der Silberschicht in eine Reihe von Elementen, die so neben einander angeordnet sind, daß sie abwechselnd das Licht durchlassen und reflektieren. Es fragt sich nur, welche Form man diesen Elementen zweckmäßig gibt. Ich habe mich für eine *Sektorenteilung* entschieden, weil der Sektor einen der ganzen Kreisfläche gleichartigen Teil darstellt, und somit das von den einzelnen Sektoren entworfene Bild sich nur durch die Helligkeit, nicht aber durch die Qualität von dem Bilde unterscheidet, das durch die Wirkung des ganzen Objektivs zustande kommt. In der Tat ist bei Benutzung dieser Sektorenteilung die Bildgüte für beide Platten vollkommen gleich und sehr nahe gleich der Bildgüte bei freier Objektivöffnung. Eine Silberschicht mit streifenförmigen oder ringförmigen Blenden zeigt dagegen eine deutlich wahrnehmbare Verschlechterung des einen oder des anderen Bildes, bezw. beider Bilder.

Wieviel Sektoren man wählt, ist nebensächlich. Ich habe gefunden, daß man mit einer Teilung des Kreises in 10 Sektoren, von denen 5 das Licht durchlassen, während die anderen 5 das Licht reflektieren, vollständig ausreicht. Die Sektoren sind so bemessen, daß, in der Richtung der durchgehenden bezw. der reflektierten Strahlen gesehen, die Silberschicht einen regelmäßigen fünfteiligen Stern darstellt mit 36° Winkel für jeden Sektor (Fig. 2). Wie man sofort sieht, kommt es bei dieser Beschaffenheit der Austrittspupille des Instrumentes auch bei Beobachtungen im hellen Zimmer auf eine zentrale Lage der Pupille des Auges zu der Austrittspupille so gut wie gar nicht an, und man erzielt auch bei unruhig gehaltenem Kopfe angenähert die gleiche Helligkeit der beiden Bilder. Selbstverständlich ist auch bei dieser Anordnung, wenn man den Apparat für *photometrische* Zwecke benutzt, eine ruhige Haltung des Kopfes erforderlich, damit die gesamte Austrittspupille des Instrumentes in die Pupille des beobachtenden Auges zu liegen kommt.

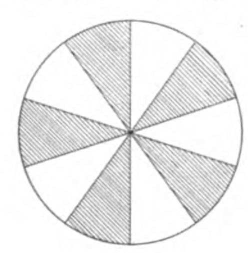


Fig. 2.

Es fragt sich jetzt, wie man das Blinkmikroskop zweckmäßig zu einem *Photometer* ausbildet. Man kann das in verschiedener Weise machen: beispielsweise durch Anwendung eines verschiebbaren Rauchglaskeils, den man entweder auf einer der beiden Platten des Stereo-Komparators oder im Okular des Blinkmikroskops in geeigneter Weise anbringt. Ich habe vorgezogen, die Schwächung des Lichtes durch eine *drehbare Sternblende* vorzunehmen, die ebenfalls aus abwechselnd durchsichtigen und undurchsichtigen Sektoren von 36° Winkel besteht, und die so unmittelbar vor der Eintrittsfläche des Prismas angebracht ist, daß der Mittelpunkt der Sternblende (Ph_1 in Fig. 3) und der Mittelpunkt der Silberschicht s_2 sowohl mit der Drehungsachse als

auch mit der optischen Achse des Objektivs zusammenfallen. Parallelen Strahlengang vorausgesetzt, kann man dann durch Drehung der Sternblende den Zutritt des Lichts zu den Sektoren der Silberschicht entweder vollständig freigeben oder um meßbare Beträge verhindern, und es ist die Schwächung des Lichts dem Drehungswinkel der Sternblende direkt proportional. Zu dem Ende erfolgt die Drehung mit Hülfe eines Schneckenrades und einer mit Trommel und Trommelteilung (0 bis 100) versehenen Schraube; 10 Umdrehungen der Schraube sind erforderlich, um den Stern um den Winkelwert eines Sektors zu drehen. Die Umdrehungen werden an einem Umdrehungszähler (0 bis 10) abgelesen, sodaß für die Messung der übrigbleibenden Lichtmengen 1 bis 0 im ganzen 1000 ablesbare Einheiten zur Verfügung stehen.

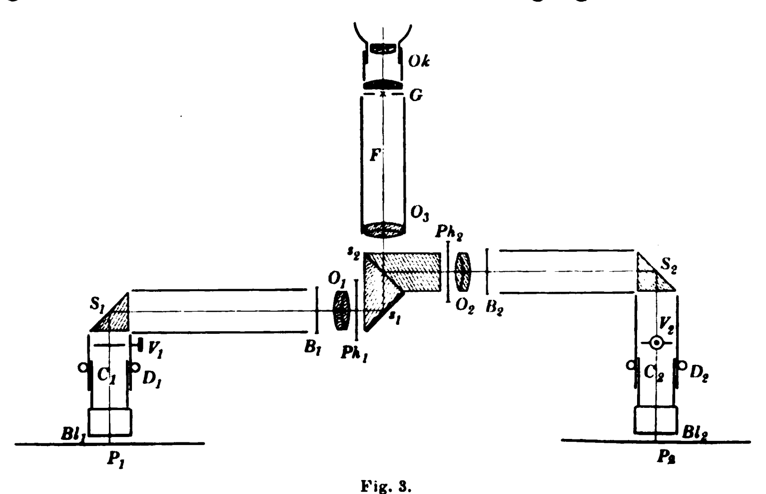


Fig. 3.

Eine zweite, der ersten vollständig gleichartige und mit den gleichen Einrichtungen versehene drehbare Sternblende Ph_2 befindet sich auf der anderen Seite des Prismas. Die Anbringung von *zwei* drehbaren Sternblenden ist nämlich notwendig mit Rücksicht auf den meist vorhandenen Unterschied in der Helligkeit der beiden Lichtquellen; denn es ist erforderlich, daß man *vor* der eigentlichen Messung zuerst die beiderseitigen Helligkeiten genau gleich macht. Da beide Sternblenden die gleiche Einrichtung besitzen, so kann man nach Belieben jedes der beiden Photometer sowohl zum Ausgleich der Lichtquellen als auch zur Messung benutzen; vor dem Ausgleich der Lichtquellen muß natürlich das für die Messung in Aussicht genommene Photometer auf den Skalenteil 1000 eingestellt werden.

Die oben gestellte Anforderung, daß die Sternblenden *Ph* und die sternartig durchbrochene Silberschicht s_2 im parallelen Strahlengange sich befinden, macht eine geringe Abänderung der Optik des Blinkmikroskops erforderlich, insofern nämlich statt der bisherigen beiden Mikroskop-Objektive (Q_1 und Q_2 in der Figur in *dieser Zeitschr.* ***24.*** *S. 162.* ***1904***) drei Fernrohrobjektive O_1, O_2 und O_3 in der aus Fig. 3 ersichtlichen Anordnung einzusetzen sind. Demzufolge steht jetzt das Fernrohr F den beiden Kollimatoren C_1 und C_2 gegenüber, und in dem Gesichtsfeld des Fernrohres erhält man die Bilder der in der Brennebene der Kollimatorobjektive gelegenen Platten P_1 und P_2. Auf die Verwendung des Apparates als Blinkmikroskop und auf die Ausmessung der Bilder mit Hülfe des Okularschrauben-Mikrometers hat die so veränderte Optik keinen Einfluß. Auch können die beim Blinkmikroskop in Funktion tretenden Scheren B_1 und B_2 für den optischen Plattenwechsel ihre bisherige Lage unverändert beibehalten.

Um den Apparat als Photometer benutzen zu können, ist noch eine weitere Einrichtung erforderlich, welche bezweckt, die miteinander zu vergleichenden Felder im Gesichtsfeld des Fernrohres in scharfer Trennungslinie aneinanderstoßen zu lassen. Man kann das durch auf- oder untergelegte Blenden an den miteinander zu vergleichenden Platten auf dem Stereo-Komparator tun. Es ist aber viel zweckmäßiger, diese Blenden mit den beiden Kollimatoren in feste Verbindung zu bringen. Selbstverständlich darf man dann mit den Blenden nicht unmittelbar bis auf die Platte herabgehen, doch genügt, um eine Gefährdung der Platten durch die darüber befindliche Blende zu vermeiden, schon ein Abstand von wenigen Millimeter.

Zu dem Ende sind die Kollimatoren des Blinkmikroskops mit je einem Rohrstutzen ausgerüstet, an dessen unterem Ende die Blende angebracht ist. Die Blendenfassung ist auf ihrer unteren Seite mit einem weichen Ringpolster versehen, und die Blende selbst ist zum Auswechseln eingerichtet. Mehrere Blenden, halbkreisförmige und rechteckige, sind dem Apparat beigegeben.

Um die beiderseitigen Bilder im Gesichtsfeld des Fernrohres in scharfer Trennungslinie aneinanderstoßen zu lassen, ist jede der beiden Blendenfassungen um die Blickrichtung zum Drehen (D_1, D_2 in Fig. 3) und senkrecht dazu zum Verschieben (V_1, V_2) eingerichtet. Die Verschiebungsrichtung links steht senkrecht zu der rechts. In beiden

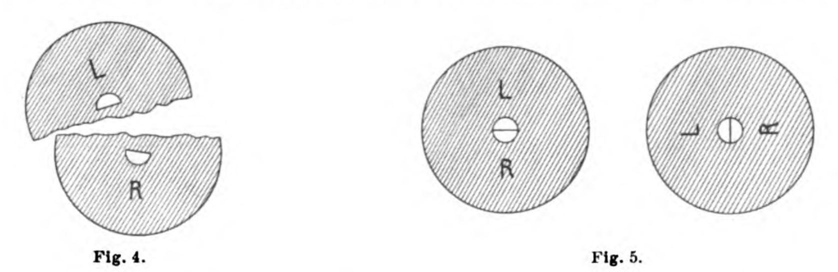


Fig. 4.   Fig. 5.

Fällen befindet sich der Schlitten oberhalb der Drehvorrichtung. Fig. 4 zeigt die unjustierte, Fig. 5 die durch Drehung und Verschiebung der Blenden bewirkte, justierte Lage der beiden Bilder im Gesichtsfeld.

An Stelle der in scharfer Trennungslinie aneinanderstoßenden Halbkreise lassen sich mit Vorteil auch solche Blenden verwenden, die man durch Photographieren einer auf Papier ausgeführten Zeichnung (z. B. des Sektors in Fig. 2) erhält. Man legt dann das Negativ auf die eine Seite des Mikroskops und das durch Kontaktdruck gewonnene Diapositiv auf die andere Seite, bringt mit den vorhandenen Justiereinrichtungen die Bilder zur Deckung und stellt auf das Verschwinden der Figur bezw. der Trennungslinien ein. Die Einstellungsgenauigkeit ist hierbei insofern etwas größer als bei den bisher üblichen halbkreisförmigen Blenden, weil das Auge hier nicht in dem gleichen Grade wie dort der Ermüdung ausgesetzt ist. Denn wenn auch das Auge beständig an der Trennungslinie der beiden Halbkreise in Fig. 5 entlang irrt, so fällt das Bild der Trennungslinie doch immer auf ein und dieselbe Stelle der Netzhaut, und es treten leicht Nachbilder auf, wie man sie bekanntlich auch auf hoher See infolge der anhaltenden Betrachtung des Meereshorizontes sieht. Stoßen dagegen, wie z. B. in Fig. 2, die miteinander zu vergleichenden Felder in mehreren verschieden gerichteten Trennungslinien aneinander, so treten immer wieder andere Stellen der Netzhaut in Funktion, und die Ermüdung ist geringer.

Mit den vorstehend genannten Neueinrichtungen des Blinkmikroskops sind nicht allein alle Voraussetzungen erfüllt für eine erfolgreiche Verwendung des Apparates

als Photometer, sondern auch für die Verwendung des Apparates als *Spektro-Komparator* bezw. als *Längenmeſsapparat.* Selbstverständlich treten hierbei die Scheren des Blinkmikroskops und die Photometer ganz außer Tätigkeit, und es bleiben nur die Blenden an den Enden der beiden Kollimatoren in Funktion. In erster Linie kommen hierbei kreisförmige, halbkreisförmige und rechteckige Blenden (vgl. Fig. 6a, b u. c) zur Verwendung. Auch läßt sich durch Einlegen von geeigneten Glasbildern leicht die Anordnung treffen, daß die miteinander zu vergleichenden Spektren in *mehreren* Trennungslinien aneinanderstoßen, wie es z. B. bei dem Hartmannschen Spektro-Komparator der Fall ist.

Man kann also nach Belieben ein Spektrum links auf dem Stereo-Komparator mit einem rechts gelegenen Maßstabe oder einem Gitter oder einem zweiten Spektrum vergleichen und durch Wahl und Justierung der Blenden es so einrichten, daß die miteinander zu vergleichenden Spektren ganz oder teilweise übereinandergreifen oder in scharfer Trennungslinie aneinanderstoßen (vgl. Fig. 6 a, b, c). Hat man auf der

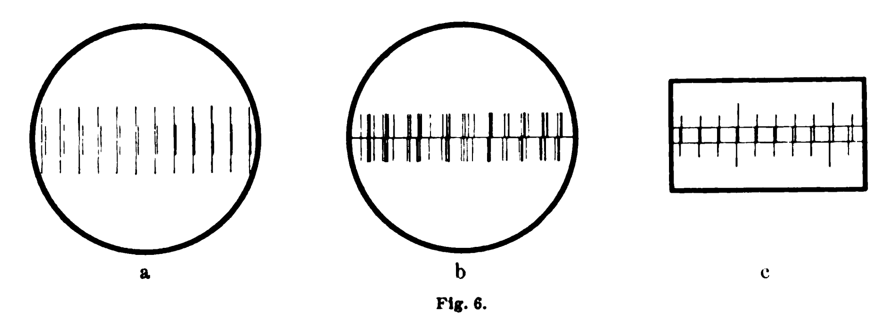


Fig. 6.

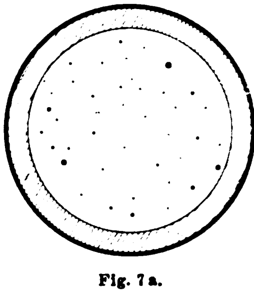
einen Platte mehrere Spektren photographiert, die mit einem Maßstabe oder mit einem normalen Spektrum verglichen werden sollen, so kann der Übergang von dem einen Spektrum zum anderen in bequemster Weise durch die am Stereo-Komparator vorhandene vertikale Schlittenführung der rechten Platte bezw. die des Mikroskops vorgenommen werden.

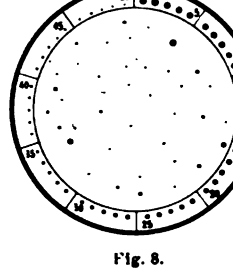
Zur Messung selbst dienen die bekannten Meßeinrichtungen am Stereo-Komparator. Die für Längenmessungen wichtige Bedingung, daß die zu messenden bezw. die miteinander zu vergleichenden Strecken in einer geraden Linie hinter einander liegen, ist bekanntlich beim Stereo-Komparator ohne weiteres erfüllt.

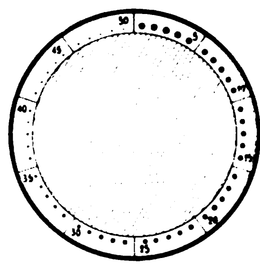
Was endlich die *Verwendung des Apparates für die Messung von Sterngrößen anbetrifft*, so geschieht diese zweckmäßig in folgender Weise. Die zu untersuchende Sternplatte wird auf die eine Seite des Stereo-Komparators gelegt, auf die andere eine gewöhnliche Glasplatte. Sodann versieht man die beiden Rohrstutzen des Mikroskops mit den in Fig. 7a und 7b abgebildeten Blenden, und zwar so, daß die Blende 7a über die Sternplatte und die Blende 7b über die Glasplatte zu liegen kommen. Die Blenden selbst sind auf Glas photographierte Bilder mit aufgekitteter Schutzglasplatte in Metallfassung. In den beiden Figuren ist der schraffierte Teil vollständig undurchsichtig, der nichtschraffierte für die gerade Durchsicht frei. In dem freien Rande der Blende 7b sind, in Gruppen zu je 5 geordnet und beziffert, 50 verschiedene Sterngrößen eingezeichnet. Der kleinste Vergleichsstern hat einen Durchmesser von 0,01 *mm*, der größte einen solchen von 0,5 *mm*. Die Zunahme ist eine lineare. Die Bedeutung der einzelnen Sterngrößen ist je nach der Beschaffenheit der zu untersuchenden photographischen Platte, der Expositionsdauer und der Helligkeit der Atmosphäre verschieden und muß für jede einzelne Platte nach bekannten Sternen ermittelt werden.

Für den Vergleich justiert man die beiderseitigen Blenden so, daß die beiden inneren, unter sich genau gleichen Kreise zusammenfallen, und *man sieht dann auf dieser Kreisfläche die Sterne und ringsum die Vergleichssterne,* wie in Fig. 8 angedeutet. Durch Verschiebung der Sternplatte ist man dann imstande, den zu messenden Stern schnell in größtmögliche Nähe seines zugehörigen Vergleichssternes zu bringen.

Durch diese Anordnung ist ein Wunsch in Erfüllung gegangen, den mir vor etwa drei Jahren Hr. Prof. Hagen von der Vatikansternwarte in Rom ausgesprochen hat, und über dessen Verwirklichung ich damals mit Hrn. Hagen mehrfach korrespondiert habe, ohne zu einer befriedigenden Lösung zu gelangen.


Fig. 7a.


Fig. 8.


Fig. 7b.

Da die Blenden links und rechts zum Herausnehmen eingerichtet sind, so können sie für den vorliegenden Zweck selbstverständlich auch durch geeignete andere Sternskalen ersetzt werden. So lassen sich die Punkte in Fig. 7b auch durch Photographie eines Lichtpunktes mit regelmäßig zunehmender Expositionsdauer erzeugen. Macht man endlich von einer solchen Platte oder von Fig. 7b ein Diapositiv, so erscheinen die Vergleichssterne hell auf dunklem Grunde, und man kann daran denken, sie als „Sternlehren“ für die Messung von Sterngrößen zu verwenden (vgl. meine diesbezüglichen früheren Angaben *in dieser Zeitschr.* **24.** *S. 163, Anm. 1. 1904*).

Ebenso kann man für die Messung von Sterngrößen zwei unter einem spitzen Winkel sich schneidende Geraden verwenden, und es würde sich in diesem Falle empfehlen, helle Striche auf dunklem Grunde zu benutzen.

Äußerlich unterscheidet sich das neue Blinkmikroskop von dem früheren nur durch die beiderseits, links und rechts neben dem Okular, gelegenen Photometerköpfe und durch die an den Objektivenden angebrachten, bis dicht auf die Platte herabreichenden Rohrstutzen. Bei der Konstruktion ist auf die etwa gewünschte nachträgliche Ausrüstung früher gelieferter Blinkmikroskope mit den vorliegenden Neueinrichtungen Rücksicht genommen worden.

Jena, im November 1909.

Die Eötvössche Drehwage des Kgl. Geodätischen Institutes in Potsdam.

Von
O. Hecker.

Die Größe der Schwerkraft an der Erdoberfläche wird auf dem Lande durch das Pendel bestimmt. Man verwendet für solche Messungen jetzt fast ausschließlich kurze invariable Pendel mit einer Schwingungsdauer, die in der Nähe von einer halben Sekunde liegt.

Die Einführung dieser Pendel, die nach der Koinzidenzmethode beobachtet werden und sehr genaue Resultate geben, verdanken wir v. Sterneck. Die für die

Ausführung von Pendelbeobachtungen zur Anwendung kommenden neueren Einrichtungen sind in dieser Zeitschrift bereits früher beschrieben worden[1]).

Baron Eötvös, Professor an der Universität in Budapest, hat nun einen neuen, sehr interessanten Apparat konstruiert, der nicht die Größe der Schwerkraft g gibt, sondern gestattet, den Differentialquotienten $\partial g/\partial s$, also den Verlauf der Schwerkraft an der Erdoberfläche, mit großer Genauigkeit zu verfolgen. Da die Messungen mit dem Instrument erheblich weniger Zeit beanspruchen, als Schwerkraftsbestimmungen mit dem Pendel, so kann die Methode in gewissen Fällen große Vorteile bieten. In einzelnen Fällen gibt sie uns auch Aufschlüsse über die Anordnung von Massen verschiedener Dichtigkeit in der Erdkruste, die mit dem Pendel nicht mit gleicher Genauigkeit zu erhalten sind. Es mag dieses kurz an einem Beispiel gezeigt werden.

Es stelle in der beistehenden Abbildung (Fig. 1) *d d* ein Stück der Erdkruste dar, das gleichmäßige Dichtigkeit haben möge; *OO* sei die Erdoberfläche. Es seien in *d d* zwei gleich große Massen eingelagert, von denen die eine, mit — bezeichnete eine ebensoviel geringere Dichtigkeit habe, als die andere darunter liegende, mit + bezeichnete Masse die Dichtigkeit des Stückes *d d* übertrifft. Dann erhält man, wenn die Dichtigkeitsunterschiede der beiden Massen von der Ordnung sind, wie sie in der Erdkruste im allgemeinen vorkommen, bei Schwerkraftsbestimmungen mit dem Pendel in der Nähe der Stationen *SS*, wo die Schwerkraft gestört ist, kein genaues Bild über den Verlauf derselben, wenn die Massen nicht sehr groß sind. Der Apparat von Eötvös dagegen gibt gerade den Verlauf der Schwerkraft an diesen Stellen sehr genau; er ist also berufen, die Angaben des Pendels in solchen Fällen zu vervollständigen.

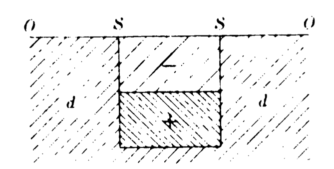
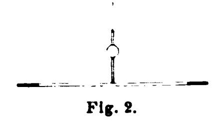


Fig. 1.

Die Konstruktion des Apparates beruht auf dem von Eötvös gelieferten Nachweis, daß der Aufhängungsdraht einer Drehwage eine Drillung erleidet, wenn die räumliche Verteilung der Schwerkraft sich ändert. Kennt man die Größe der elastischen Kraft, mit der der Draht der Torsion entgegenwirkt, so kann man, wie wir im folgenden sehen werden, daraus die horizontalen Komponenten der Schwerkraft bestimmen, wenn man die Form und Massenanordnung der Drehwage kennt. Denn diese Kraft und die horizontalen Komponenten müssen sich — abgesehen von Störungen anderer Art, wie Einwirkung von Temperaturänderungen, die die remanente Drillung des Drahtes beeinflussen, sowie von elastischen Nachwirkungen im Draht — das Gleichgewicht halten, wenn sich die Drehwage in der Ruhelage befindet.

Eötvös hat zwei verschiedene Arten von Instrumenten benutzt, deren Konstruktion und Theorie in den drei unten angeführten Abhandlungen[2]), auf die ich mich im folgenden beziehe, gegeben ist. Bei der *ersten* Art besteht das Gehänge (Fig. 2) der Drehwage aus einem Metallrohr von etwa 6 *mm* Durchmesser und 40 *cm* Länge, in das an beiden Enden kleine Zylinder aus Platin eingeschoben sind. Von der Mitte des Rohres geht ein dünner Stab nach aufwärts, der den Spiegel trägt,


Fig. 2.

[1]) Vgl. L. Haasemann, *diese Zeitschr.* **22.** *S. 97. 1902*; M. Haid, *diese Zeitschr.* **16.** *S. 191. 1896.*

[2]) Untersuchungen über Gravitation und Erdmagnetismus. *Wied. Ann.* **59.** *S. 354. 1896.* — *Étude sur les surfaces de niveau et la variation de la pesanteur et du champ magnétique. Rapports présentés au Congrès intern. de Physique 1900.* Paris, Gauthier-Villars 1900. *Bd. III. S. 371.* — Bestimmung der Gradienten der Schwerkraft und ihrer Niveauflächen mit Hülfe der Drehwage. Verhandl. d. XV. Allgem. Konferenz d. Erdmessung in Budapest 1906. Berlin, G. Reimer 1908. *S. 337.*

und an dem der Aufhängungsdraht befestigt ist. Bei der *zweiten* Art liegen die beiden Platinzylinder nicht in gleicher Höhe, sondern der eine ist an einem feinen Metalldraht an dem Ende des Rohres aufgehängt, wie Fig. 3 zeigt.

Für die Gleichgewichtslage, in der also die elastische Kraft des Drahtes, die seiner Tordierung entgegenwirkt, und die horizontalen Komponenten der Schwerkraft sich das Gleichgewicht halten und das Gehänge zur Ruhe kommt, wurden von Eötvös die folgenden Gleichungen abgeleitet.

Drehwage erster Art:

$$\vartheta = \frac{1}{2}\frac{K}{\tau}\left(\frac{\partial^2 U}{\partial y^2} - \frac{\partial^2 U}{\partial x^2}\right)\sin 2\alpha + \frac{K}{\tau}\frac{\partial^2 U}{\partial x\,\partial y}\cos 2\alpha,$$

Drehwage zweiter Art:

$$\vartheta = \frac{1}{2}\frac{K}{\tau}\left(\frac{\partial^2 U}{\partial y^2} - \frac{\partial^2 U}{\partial x^2}\right)\sin 2\alpha + \frac{K}{\tau}\frac{\partial^2 U}{\partial x\,\partial y}\cos 2\alpha - \frac{m\,h\,l}{\tau}\frac{\partial^2 U}{\partial x\,\partial z}\sin\alpha + \frac{m\,h\,l}{\tau}\frac{\partial^2 U}{\partial y\,\partial z}\cos\alpha.$$

In diesen Gleichungen ist ϑ der Torsionswinkel, τ die Torsionskonstante des Aufhängedrahtes, K das Trägheitsmoment des Gehänges, α der Winkel zwischen der Achse des Balkens und der x-Achse eines Koordinatensystems, dessen Anfangspunkt in den Schwerpunkt des Gehänges fällt, und dessen z-Achse vertikal nach unten geht; U ist das Potential der Schwerkraft, bezogen auf dieses Koordinatensystem. Ferner bedeuten die in der zweiten Gleichung auftretenden Bezeichnungen m das Gewicht der aufgehängten Masse, l ihren Drehungsarm und h den vertikalen Abstand ihres Schwerpunktes vom Balken.

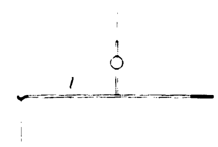


Fig. 3.

Von den in diesen Gleichungen auftretenden Größen sind K, τ, m, h, l für das Instrument konstant, und zwar sind die letzten drei Größen direkt meßbar, K und τ durch besondere Beobachtungen zu ermitteln, wie weiter unten gezeigt werden wird. Ferner ist α, das Azimut des Balkens, und ebenso die Größe des Torsionswinkels ϑ, der für verschiedene Azimute im allgemeinen verschieden ist, direkt zu bestimmen. Außerdem finden sich noch in den beiden Gleichungen die zweiten Ableitungen des Potentials der Schwerkraft, und zwar

bei der ersten Form der Drehwage

$$\left(\frac{\partial^2 U}{\partial y^2} - \frac{\partial^2 U}{\partial x^2}\right) \quad \text{und} \quad \frac{\partial^2 U}{\partial x\,\partial y},$$

bei der zweiten Form ferner noch

$$\frac{\partial^2 U}{\partial x\,\partial z} \quad \text{und} \quad \frac{\partial^2 U}{\partial y\,\partial z}.$$

Diese Größen lassen sich durch Beobachtungen in verschiedenen Azimuten durch die erste bezw. zweite Form der Drehwage bestimmen. Sie haben in der Geodäsie eine besondere Bedeutung. Zunächst wird die Abweichung der Niveaufläche der Erde von der Kugelgestalt bestimmt durch die Gleichung

$$\frac{1}{\varrho_1} - \frac{1}{\varrho_2} = -\frac{1}{g}\left(\frac{\partial^2 U}{\partial y^2} - \frac{\partial^2 U}{\partial x^2}\right)\frac{1}{\cos 2\lambda},$$

worin ϱ_1 den kleineren, ϱ_2 den größeren Hauptkrümmungsradius und λ den Winkel zwischen der Normalebene, in der der größere Krümmungskreis liegt, und der xz-Ebene bezeichnet.

Den Winkel λ kann man ableiten aus

$$\operatorname{tg} 2\lambda = \frac{2 \frac{\partial^2 U}{\partial x \, \partial y}}{\frac{\partial^2 U}{\partial y^2} - \frac{\partial^2 U}{\partial x^2}}.$$

Die in diesen beiden Gleichungen vorkommenden Ableitungen des Potentials treten aber auch in der Gleichung für die erste Art der Drehwage auf. Wir können daher mittels dieses Instrumentes die Abweichung der Niveaufläche von der Kugelgestalt und die Lage des größeren und des kleineren Krümmungskreises feststellen, wenn wir die übrigen in den Gleichungen auftretenden Größen kennen und die Beobachtungen in geeigneter Weise anordnen.

Die in den Gleichungen für die zweite Form der Drehwage außerdem noch stehenden Ableitungen des Potentials sind die Gradienten der Schwerkraft in der x- und y-Achse, denn es ist

$$\frac{\partial^2 U}{\partial x \, \partial z} = \frac{\partial g}{\partial x}, \qquad \frac{\partial^2 U}{\partial y \, \partial z} = \frac{\partial g}{\partial y}.$$

Der totale Gradient $\frac{\partial g}{\partial s}$ ergibt sich aus der Gleichung

$$\frac{\partial g}{\partial s} = \sqrt{\left(\frac{\partial^2 U}{\partial x \, \partial z}\right)^2 + \left(\frac{\partial^2 U}{\partial y \, \partial z}\right)^2}$$

und sein Azimut aus

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{\frac{\partial^2 U}{\partial y \, \partial z}}{\frac{\partial^2 U}{\partial x \, \partial z}}.$$

Für die Bestimmung der Form der Niveaufläche genügen die Beobachtungen mittels der Drehwage nicht, da hierzu noch die Kenntnis von $\frac{\partial^2 U}{\partial z^2}$ erforderlich ist. Eötvös hat aber gezeigt, daß man durch die Drehwage Lotrichtungen und Krümmungen für alle Punkte eines Gebietes ermitteln kann, wenn man an zwei beliebigen Punkten die nördliche oder östliche Komponente der relativen Lotabweichung durch astronomisch-geodätische Messungen bestimmt hat.

Die vorstehenden Ausführungen mögen genügen, um darzustellen, für welche Art von Messungen Eötvös seinen Apparat konstruiert hat.

Im folgenden soll eine kurze Beschreibung einer Eötvösschen Drehwage zweiter Art gegeben werden, die in den hauptsächlichsten Punkten völlig mit dem Originalapparat von Eötvös übereinstimmt, — Baron Eötvös hatte mir in entgegenkommendster Weise die Zeichnungen zu seinem Instrument zur Verfügung gestellt — in einer Reihe von Details aber abweicht. So schien es mir insbesondere nicht unwichtig zu sein, einige Einrichtungen anzubringen, durch die ein völlig automatisches Arbeiten des Apparates ermöglicht wird.

Das Instrument wurde von dem Institutsmechaniker Hrn. Fechner für das Kgl. Geodätische Institut in Potsdam gebaut. Fig. 4 gibt einen Durchschnitt durch das Gehänge und seinen Schutzkasten. Das Gehänge selbst, von der Form, wie es bereits Fig. 3 darstellt, besteht zunächst aus dem Aufhängedraht aus Platiniridium von 0,04 *mm* Dicke, der an dem oben sichtbaren Torsionskopfe befestigt ist.

Dieser Draht wurde in besonders sorgfältiger Weise von der Firma W. C. Heraeus in Hanau gezogen und dann bei einer Belastung von 80 Gramm, was etwa dem Gewichte des Gehänges entspricht, in häufiger Wiederholung langsam auf 100° C. erwärmt und

darauf allmählich wieder auf Zimmertemperatur abgekühlt. Er wird dann mit dem gleichen Gewicht belastet aufbewahrt. Wie Eötvös gezeigt hat, erhält der Draht durch eine solche Behandlung eine überraschende Konstanz in der Gleichgewichtslage. Nach den Erfahrungen von Eötvös, die auch ich gemacht habe, ist ein solcher Platiniridiumdraht den Quarzfäden vorzuziehen.

An dem Aufhängedraht ist zunächst unten ein dünner Messingstab, der bei *s* einen kleinen Spiegel trägt, und an diesem Stab das horizontal liegende Aluminiumrohr von 40 *cm* Länge und 6 *mm* Durchmesser befestigt, in das an dem einen Ende ein Goldzylinder von 28 Gramm Gewicht eingeschoben ist, während von dem anderen Ende an einem 65 *cm* langen Platindraht ein Goldzylinder von demselben Gewicht herabhängt. Dieses Gehänge ist nun in sorgfältigster Weise gegen Einflüsse von außen, unter denen die Wärmestrahlung besonders störend wirkt, geschützt. Es wird nämlich umschlossen von einer dreifachen Metallhülle, von denen die beiden inneren aus 3 *mm* starkem Kupfer, die äußere aus Magnalium von derselben Stärke bestehen. Keine dieser drei Hüllen berührt die andere direkt metallisch, sondern sie sind durch Zwischenlagerung von Hartgummiklötzen thermisch voneinander isoliert.



Fig. 4.

Wird das Instrument in einem Raume aufgestellt, in dem größere Temperaturschwankungen auftreten, so ändert sich die Temperatur im Innern des Instruments selbst nur sehr langsam, sodaß merkliche Luftströmungen und dadurch verursachte stärkere Beeinflussungen der Gleichgewichtslage des Gehänges im allgemeinen nicht in störender Weise auftreten können.

Um bei den Messungen eine Kontrolle zu haben, hat Eötvös zwei solcher Gehänge in einem Apparat vereinigt. Die beiden Gehänge liegen hierbei, ein jedes in zwei besonderen isolierten Schutzgehäusen eingeschlossen, parallel neben einander, und zwar so, daß die beiden herabhängenden Gewichte sich an den entgegengesetzten Seiten befinden. Ein gemeinsames Schutzgehäuse umschließt dann die beiden Hüllen der Gehänge. Man erhält so bei einem gegebenen Azimut α des Instrumentes durch das eine Gehänge eine Beobachtung für das Azimut α und gleichzeitig durch das zweite Gehänge eine Beobachtung für das Azimut $\alpha + \pi$.

Eine Gesamtansicht des Instrumentes gibt Fig. 5. In den oberen Teil eines Säulenstativs aus Magnalium ist eine Rotgußbuchse eingelassen, in der eine konische Vertikalachse aus Stahl gelagert ist, die die beweglichen Teile des Instrumentes trägt. Die Vertikalachse ermöglicht, Beobachtungen in verschiedenen Azimuten des Gehänges anzustellen, was für die Ermittlung der mit der Schwerkraft zusammenhängenden Größen erforderlich ist.

Auf die Vertikalachse setzt sich zunächst der Schutzkasten auf, an dessen Seiten Schätzmikroskope befestigt sind, die über einem auf die Buchse der Vertikalachse aufgesetzten Kreise spielen. An dem Rande dieses Kreises ist ein Zahnkranz eingeschnitten. In diesen greift ein Zahnrad des am Schutzkasten befestigten Uhrwerks ein, das so kräftig ist, daß es die beweglichen Teile des Apparates leicht dreht. Um den Apparat in dem gewünschten Azimute zum Stillstand zu bringen, sind an den

betreffenden Stellen am Rande des Kreises Anschläge angebracht, in die eine am Schutzkasten befestigte und auf elektromagnetischem Wege auslösbare Sperrklinke eingreift.

Elektromagnet und Sperrklinke liegen auf der dem Uhrwerk entgegengesetzten Seite des Schutzkastens; Fig. 6 zeigt dieselben. Wenn die Beobachtung in einem bestimmten Azimute beendet ist, so wird durch einen kurzen Stromstoß die Sperrklinke gehoben, und das Uhrwerk bewirkt eine Drehung, bis die Sperrklinke in den folgenden Anschlag eingreift.

An dem Schutzkasten sind nun noch verschiedene andere Einrichtungen angebracht,

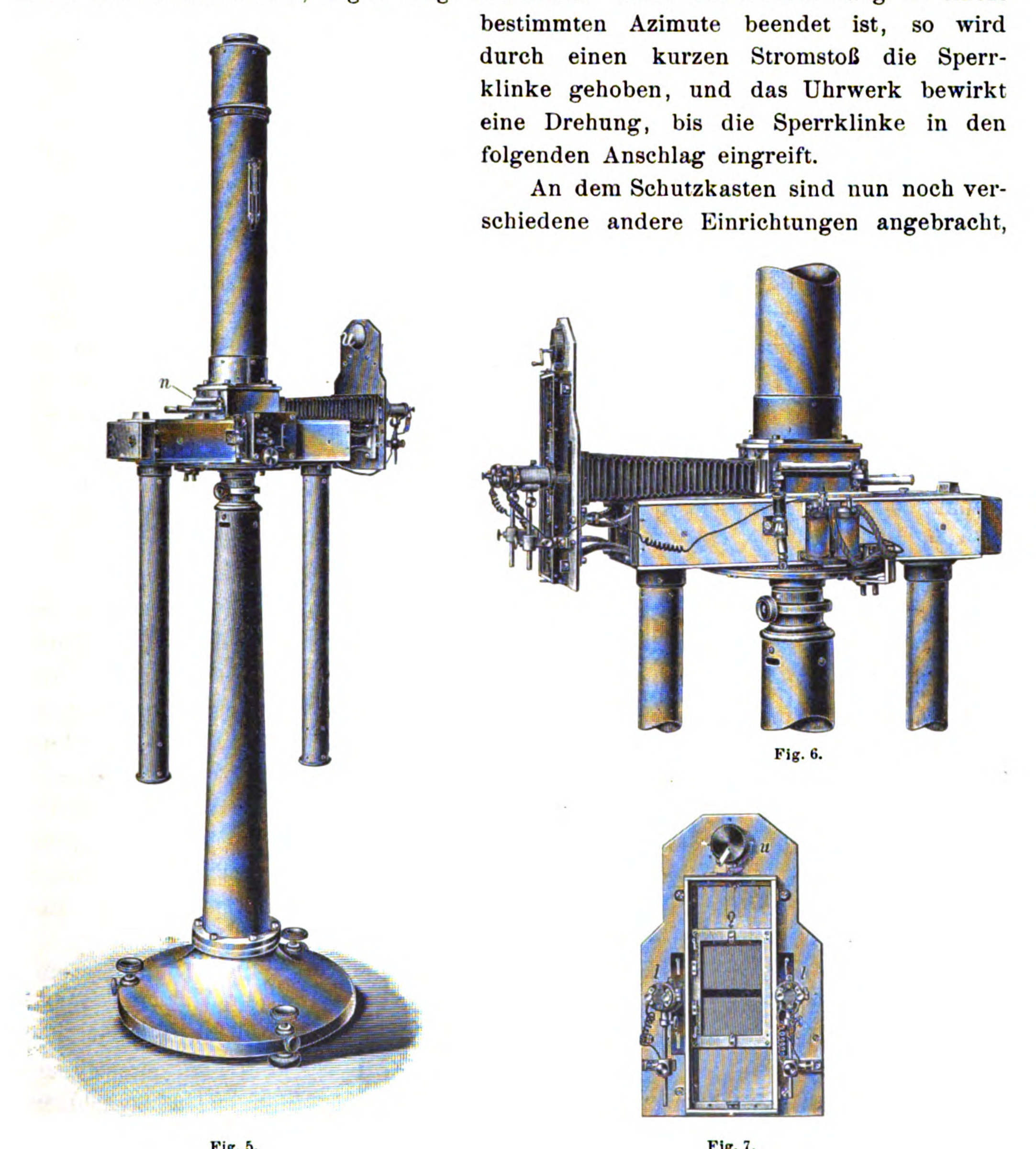


Fig. 5. Fig. 6. Fig. 7.

so zwei Niveaus, von denen das eine n in Fig. 5, das andere in Fig. 6 sichtbar ist. Diese ermöglichen ein Vertikalstellen der Drehungsachse. Unter dem Niveau n führen zwei Thermometer in das Innere der Schutzgehäuse.

An dem einen Ende des Schutzkastens ist mit Hülfe von zwei Magnaliumträgern der Registrierapparat angebracht. Bei der Konstruktion desselben war vor allem zu berücksichtigen, daß die durch das Uhrwerk verursachten unvermeidlichen Erschütterungen nicht die Gehänge beeinflussen durften. Auch bei sehr schwachen Erschütte-

rungen liegt immer die Gefahr vor, daß Resonanzerscheinungen auftreten, die dann sehr störend wirken können. Als Triebwerk wurde deshalb das Werk *u* einer kleinen Damentaschenuhr gewählt, das in die vertikale Grundplatte des Registrierapparates eingelassen wurde. Die Kassette, die die photographische Platte trägt und die in Fig. 7 in geöffnetem Zustande sichtbar ist, bewegt sich mittels Rollenführung zwischen zwei vertikalen Messingschienen und ist an einer Schnur aufgehängt, die um eine auf das Federgehäuse des Uhrwerks aufgesetzte Trommel geschlungen ist. Beim Aufziehen der Feder wird die Kassette zugleich nach oben geführt und bewegt sich dann mit einer Geschwindigkeit von 12 *mm* in der Stunde nach unten. Das Uhrwerk hat hierbei keine Arbeit zu leisten, sondern es dient nur als Bremsung des durch ihr eigenes Gewicht erfolgenden Herabsinkens der Kassette.

Der Rahmen, in dem sich die Kassette mit den Führungsschienen befindet, wird nach Beschickung der Kassette mit einer photographischen Platte durch eine Metallplatte lichtdicht geschlossen. An beiden Seiten dieses Rahmens befinden sich kleine Osramlämpchen *l*, deren Licht auf die Grundplatte des Registrierapparates fällt. Diese ist an den entsprechenden Stellen durchbrochen und durch je ein in der Höhe um etwa 10 *mm* korrigierbares geschwärztes Messingblech geschlossen, das mit einem sehr feinen Loch versehen ist. Durch die beiden Löcher fällt das Licht der Lampe auf die an den Gehängen angebrachten Hohlspiegel, deren Brennweite (36 *cm*) so gewählt ist, daß von dem feinen Lichtpunkt ein scharfes Bild auf der Schicht der photographischen Platte entworfen wird. Um dem Licht den Durchgang zu gestatten, ist die Grundplatte an der entsprechenden Stelle mit einem horizontalen Spalt versehen, wie Fig. 7 zeigt.

Außer den beiden an den Gehängen befestigten Hohlspiegeln wirft noch ein dritter Spiegel, der an dem Gehäuse selbst befestigt ist, und auf den das Licht durch das linksseitige Loch fällt, ein Punktbild auf die Platte. Wir erhalten also drei Punktbilder auf ihr, von denen das durch den festen Spiegel entworfene stets an derselben Stelle erscheint und somit beim Herabsinken der Kassette auf der Platte eine gerade Linie aufzeichnet, während die beiden anderen Punkte ihre Lage je nach dem Azimut der Balken ändern. Schwingen die Balken um ihre Nullpunktslage, so müssen beim Herabsinken der Kassette Sinus-Kurven aufgezeichnet werden, aus denen sich in bekannter Weise die Nullpunktslagen der Balken ableiten lassen. Der Vergleich mit der durch den festen Spiegel aufgezeichneten Geraden gibt etwaige Anderungen des Azimuts des Balkens gegen das des Gehäuses.

Wie bereits eingangs bemerkt, erfährt der Aufhängefaden der Drehwage eine Drillung, wenn sich die räumliche Verteilung der Schwerkraft ändert. Diese räumliche Verteilung ist aber im allgemeinen für jedes Azimut verschieden, folglich muß auch die Drillung, die der Aufhängefaden erleidet, in jedem Azimut eine andere sein. Das Gehänge wird also in jedem Azimut eine andere Nullpunktslage einnehmen.

Eötvös hat nun gezeigt, daß bei dem beschriebenen Doppelapparat zur Ableitung der Schwerkraftsverteilung und der Differenzen der Krümmungen der Niveauflächen Beobachtungen in drei um 120° voneinander abstehenden Azimuten genügen, wenn man die Konstanten des Instrumentes kennt. Vor Beginn der Beobachtungen sind also diese Konstanten, K/τ und $m\,h\,l/\tau$, die in der Gleichung für die Drehwage zweiter Art (vgl. *S. 8*) auftreten, zu bestimmen. Da m, h und l leicht direkt zu messen sind, so handelt es sich nur noch um die Bestimmung von K/τ und τ für jedes Gehänge.

Die Größe K/τ wird aus Schwingungsbeobachtungen erhalten.

Da die Schwerkraft in einem Raume nicht völlig konstant ist — ein Gradient der Schwerkraft ist im allgemeinen immer vorhanden — so muß man die Schwingungsbeobachtungen in verschiedenen Azimuten des Gehänges anstellen. In den meisten Fällen genügt es, in zwei zueinander senkrechten Stellungen des Balkens zu beobachten. Ist dann T_1 die beobachtete Schwingungsdauer in dem einen, T_2 die in dem anderen Azimut, so ist

$$\frac{K}{\tau} = \frac{1}{2\pi^2}(T_1^2 + T_2^2).$$

Mit noch größerer Strenge ermittelt man K/τ aus Beobachtungen in vier um $\pi/2$ voneinander abstehenden Azimuten.

Die Schwingungsdauer der Balken des Potsdamer Instrumentes ist nahe dieselbe, wie die der von Eötvös gewöhnlich benutzten Drehwagen, was ja bei der Gleichartigkeit der Konstruktion zu erwarten ist. Die einfache Schwingungsdauer beträgt nämlich 11 Minuten.

Um τ zu ermitteln, benutzt man eine genau gearbeitete Bleikugel, die man zunächst an die eine, dann an die andere und schließlich wieder an die erste Seite des hängenden Gewichtes legt. Ist dann d die Veränderung der Nullpunktslage auf der photographischen Platte, D der Abstand Hohlspiegel—Platte, G die Gravitationskonstante, M und m die Masse der Bleikugel bezw. des hängenden Gewichtes, λ die Länge des letzteren, ϱ die mittlere Entfernung des Mittelpunktes der Bleikugel von der Achse des zylindrischen hängenden Gewichtes, l der Drehungsarm des letzteren, so ist

$$\tau = \frac{4DG}{d}\frac{Mm}{\varrho^2}\frac{l}{\sqrt{1+\frac{\lambda^2}{4\varrho^2}}}.$$

Fig. 8 zeigt die Ablenkung des Balkens unter der anziehenden Wirkung einer Bleikugel von 13 *kg* Gewicht, wenn dieselbe abwechselnd an beiden Seiten in eine

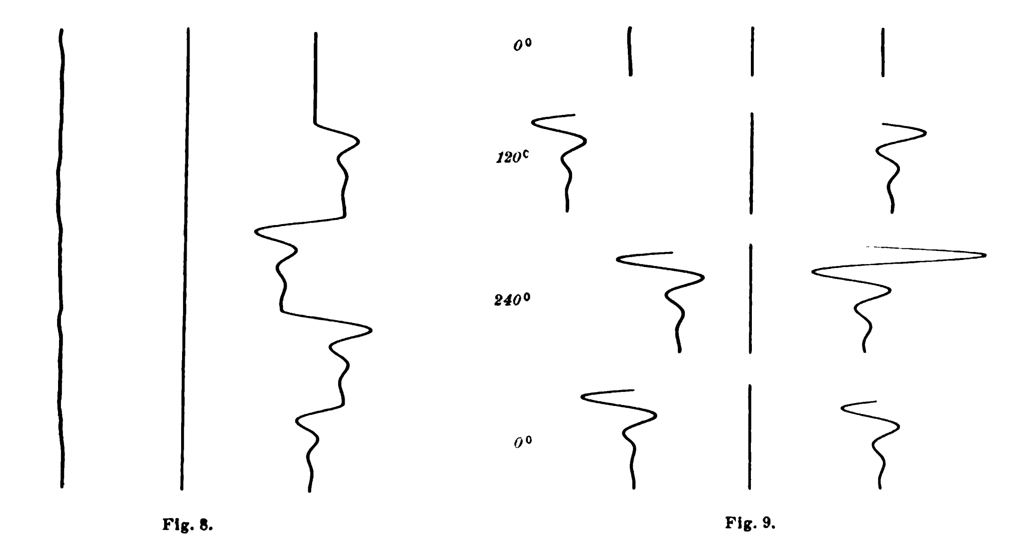


Fig. 8. Fig. 9.

Entfernung von 12 *cm* vom hängenden Gewicht gebracht wird. Der Balken gerät zunächst in Schwingungen, beruhigt sich aber ziemlich rasch. Die mittlere Linie ist durch den festen Spiegel gezeichnet, während die an der anderen Seite derselben liegende Aufzeichnung von dem zweiten Gehänge herrührt. Auch dieses wird, wie

man sieht, von der ziemlich entfernt und in einer für die Wirkung ungünstigen Stellung liegenden Kugel beeinflußt.

Schließlich seien noch die Aufzeichnungen, die ein voller Beobachtungssatz in den drei Azimuten 0°, 120° und 240° liefert, wiedergegeben (Fig. 9). Das Instrument war hierbei im Instrumentensaale des Geodätischen Institutes aufgestellt. Die durch die räumliche Verteilung der Schwerkraft bewirkten Änderungen der Nullpunktslage in den verschiedenen Azimuten treten hier sehr klar hervor.

Da man abwarten muß, bis sich die Balken nach der jedesmaligen Drehung des Instrumentes wieder hinreichend beruhigt haben, so erfordert ein solcher Beobachtungssatz, aus dem sich die lokalen mathematischen Konstanten der Niveauflächen ableiten lassen, einen Zeitraum von 5 Stunden.

Der Gebrauch des Instrumentes erfährt eine gewisse Einschränkung dadurch, daß seine Benutzung bei bergigem Terrain erschwert ist und die Reduktion der Messungen unsicherer wird. Bei horizontal verlaufendem Terrain dagegen lassen sich Beobachtungsresultate von sehr großer Genauigkeit erzielen, wie die von Eötvös ausgeführten ausgedehnten Arbeiten in Ungarn gezeigt haben.

Referate.

Neue Universale und sonstige geodätische Instrumente von M. Hildebrand.

Nach den Instrumenten.

In *dieser Zeitschr.* **28.** *S. 287. 1908* hat der Ref. die Absicht ausgesprochen, auf Neuerungen an Universalen und Theodoliten aus der Hildebrandschen Werkstatt in Freiberg i. S. zurückzukommen, wenn den neuen Preislisten über Markscheide-Instrumente und über Nivelliere (1908) auch solche über die eingangs genannten Instrumente gefolgt sein würden. Dies ist nun zwar noch nicht geschehen; es möge aber trotzdem schon jetzt hier auf einige wenige Fortschritte im Bau auch dieser Instrumente hingewiesen werden.

Das neue Modell eines 21 *cm*-Schraubenmikroskop-Universals, für geodätischen und astronomischen Gebrauch, mit gebrochenem Fernrohr von 430 *mm* Brennweite und 41 *mm* Öffnung (Vergrößerung der Okulare 32-, 39- und 48-fach), ferner mit Teilung der beiden 21 *cm*-Kreise in $^1/_{12}{}^0$ (jeder Grad mikroskopisch voll beziffert; 1 Teil der Mikroskoptrommeln gleich 1″) zeigt eine neue Art von Feststellung des verdrehbaren Horizontalkreises: sie geschieht durch eine aus dem Dreifußring (Schutz- und Tragring) vorragende Flügelschraube sicher, spannungsfrei und zentral *von unten* wirkend. Statt der sonst üblichen, oft sehr kurzen Mikroskope sind die Halter sowohl für die Horizontalkreis- wie für die Höhenkreismikroskope (diese fest an der Fernrohrstütze) möglichst lang. Die auf den Mikroskophalterarm aufgesetzte Längslibelle (Teilwert, wie auch der Achsenlibelle, etwa 1″) ruht auf drei Achatkugelstumpfen. Der Index des Aufsuchehöhenkreises klappt sich beim Einlegen oder Herausnehmen der durch Friktionsrollen entlasteten Fernrohrachse automatisch an und ab. Die elektrische Beleuchtung der Teilungen, der Mikroskoptrommeln und des Fernrohrfeldes kann in wenigen Augenblicken abgenommen werden; sie ist so an das Instrument angeschmiegt, und es liegen alle Leitungen unter Hartgummischutz, sodaß weder die Beleuchtungseinrichtung beim Gebrauch des Instruments leiden noch die Leitung beschädigt werden kann. Ein Umschalter ermöglicht der Reihe nach die Teilungen und Trommeln zu beleuchten, sodaß immer nur dort Licht ist, wo man es braucht. Auch ist das Licht nach außen abgeblendet, und der Beobachter wird also nicht durch die Beleuchtung gestört.

Um Temperatureinflüsse auf Vertikalachse und Buchse unschädlich zu machen, sind beide aus dem vollen Stahl herausgearbeitet. Die mit neuer Entlastungsvorrichtung ver-

sehene Vertikalachse geht bis dicht unter die Fernrohrachse, und das Instrument hat so, trotz *sehr niedrigen* Baus, eine *sehr lange* und sicher geführte Vertikalachse. Zu demselben Zweck des Niedrighaltens des Alhidadenaufbaus ist das Gegengewicht des Fernrohrs geteilt und dreht sich beim Kippen zu beiden Seiten der Vertikalachse vorbei, wodurch 10 *cm* oder mehr an Höhe gespart werden konnten; das Instrument kann also leichter und für die Arbeit bequemer werden.

Dieses in allen Teilen sorgfältig durchdachte und durchkonstruierte Instrument zeigt die beistehende Fig. 1. Nach demselben Modell werden auch größere und kleinere Universale gebaut ($27^{1}/_{2}$ und $17^{1}/_{2}$ *cm*-Kreise); 21 *cm*-Universale werden auch in einfacherer Konstruktion

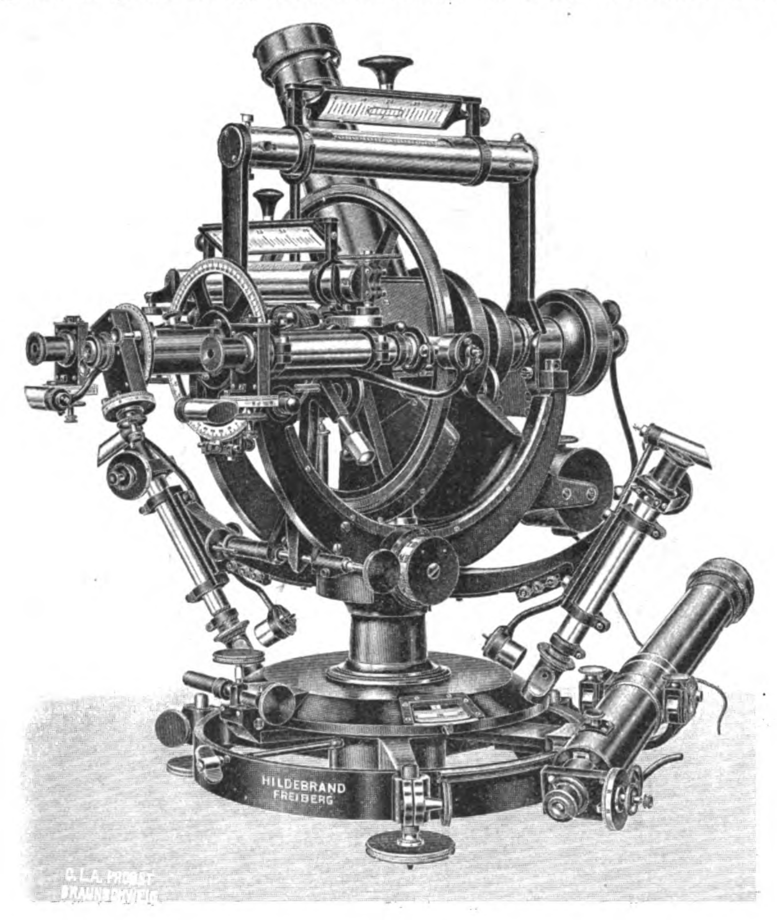


Fig. 1.

hergestellt und z. B. für Petroleumbeleuchtung eingerichtet. Auch die kleinen, als Reiseinstrumente bewährten $13^{1}/_{2}$ *cm*-Universale hat Hildebrand neu durchkonstruiert: auf massivem Ringdreifuß stehend, mit verdrehbarem Horizontalkreis; beide Kreise in $^{1}/_{6}{}^{0}$ geteilt, jeder Grad mikroskopisch voll beziffert; die Höhenkreismikroskope reiten auf der Fernrohrachse; 1 Teil der Trommeln an den Mikroskopen gibt 5″. Fernrohr 250 *mm* Brennweite, 32 *mm* Öffnung, 23- und 28-fache Vergrößerung. Langgeführte Vertikalachse, diese und die Buchse aus dem vollen Stahl gearbeitet, neue Entlastungsvorrichtung.

Auf die kleineren Universale und Theodolite mit Skalenmikroskop- und mit Nonien-Ablesung soll hier nicht eingegangen werden; sie zeigen fast alle mehr oder weniger eingreifende Neukonstruktionen. Aufmerksam gemacht sei auf die Mikroskoplupen, die Hildebrand gern über die Nonien setzt, und die parallaxenfreie Ablesung gestatten. Der Ref. hat an einem 20″-Nonientheodolit diese Mikroskoplupen sehr vorteilhaft gefunden.

Angeführt seien auch zwei *Libellenprüfer*, ein großer, der das Aufsetzen ganzer Instrumente gestattet, ohne daß man also die Libellenfassung abzuschrauben braucht, und ein billiges kleinstes Modell für weniger empfindliche Libellen. Daß Hildebrand alle seine Libellen selbst herstellt, ist bereits *a. a. O.* erwähnt.

Etwas näher beschrieben sei noch ein kleines Zenitteleskop (Fig. 2) für feinere Polhöhenbestimmung aus Meridian-Zenitdistanz-Differenzen, z. B. auf Expeditionen oder für Kolonialvermessung, das fast alle neuen Vervollkommnungen der modernen großen und feinen Instrumente dieser Art aufweist. Das seitliche Fernrohr hat 430 *mm* Brennweite und 48 *mm* Öffnung, zwei Okulare geben 38- und 48-fache Vergrößerung; es ist im Okular gebrochen und hat drehbares Okularmikrometer. Beleuchtung des Feldes durch die durchbohrte Kipp-

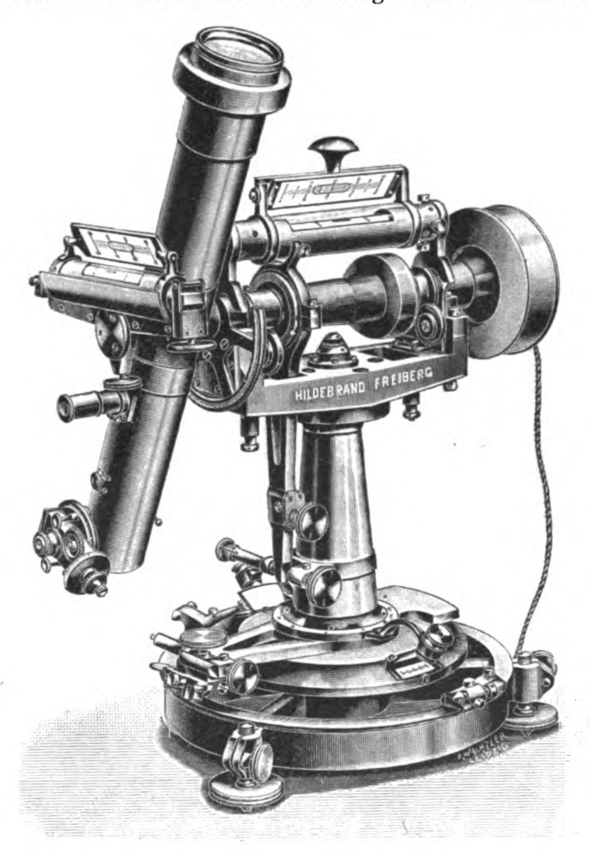


Fig. 2.

achse, dieselbe Lichtquelle beleuchtet den Höhenbogen, der durch ein Skalenmikroskop auf 12″ mit einem Blick abgelesen wird. Das Skalenmikroskoprohr ist im Fernrohrschenkel befestigt, diesen durchsetzend, wodurch ein besonderer Halterarm für das Mikroskop gespart wird. Der Höhenbogen ist an der Fernrohrstütze befestigt, belastet also nicht die Fernrohrachse, sodaß das Gegengewicht des Fernrohrs leichter sein kann, als es sonst der Fall wäre. Die Horrebow-Libelle am Fernrohr und ebenso die Achsenlibelle hat einen Teilwert von 2″. Der Azimutalkreis von 185 *mm* Durchmesser gibt durch zwei Nonien 10″. Auf dem Dreifußring (Versteifungs- und Tragring) sind zwei verschiebbare und festklemmbare Anschläge zur Azimutaldrehung um 180° vorhanden. Auch hier sind Vertikalachse und Buchse, um Temperatureinflüsse unschädlich zu machen, aus dem vollen Stahl herausgearbeitet.

Ich möchte noch den Wunsch aussprechen, daß die Hildebrandsche Werkstatt bald eine Zusammenstellung ihrer neuen Instrumente für Horizontal- und für Höhenwinkelmessung mit Hervorhebung der Neueinrichtungen allgemein zugänglich machen möge.

Hammer.

Ein einfacher harmonischer Analysator.

Von **O. Mader.** *Elektrotechn. Zeitschr.* ***30.*** *S. 847. 1909.*

Ein harmonischer Analysator ist bekanntlich ein Apparat, der gestattet, für eine gezeichnete beliebige periodische Kurve $y = f(x)$ die Koeffizienten der Fourierschen Reihenentwicklung

$$f(x) = A_0 + A_1 \cos \frac{2\pi x}{a} + A_2 \cos 2 \cdot \frac{2\pi x}{a} + A_3 \cos 3 \cdot \frac{2\pi x}{a} + \ldots + A_n \cos n \frac{2\pi x}{a} + \ldots$$

$$+ B_1 \sin \frac{2\pi x}{a} + B_2 \sin 2 \cdot \frac{2\pi x}{a} + B_3 \sin 3 \cdot \frac{2\pi x}{a} + \ldots + B_n \sin n \frac{2\pi x}{a} + \ldots,$$

d. h. die Integralwerte

$$A_n = \frac{2}{a} \int_0^a f(x) \cos n \frac{2\pi x}{a} \cdot dx, \qquad B_n = \frac{2}{a} \int_0^a f(x) \sin n \frac{2\pi x}{a} \cdot dx$$

auf mechanischem Wege auszuwerten. Der vorliegende Apparat löst diese Aufgabe durch einen glücklichen Gedanken, nach dem gewissermaßen die Ausführung der Integration selbst einem gewöhnlichem Planimeter zuerteilt wird, während ein neu konstruierter Zusatzapparat die gezeichnete Kurve durch eine passende andere ersetzt. Dies geschieht in folgender Weise.

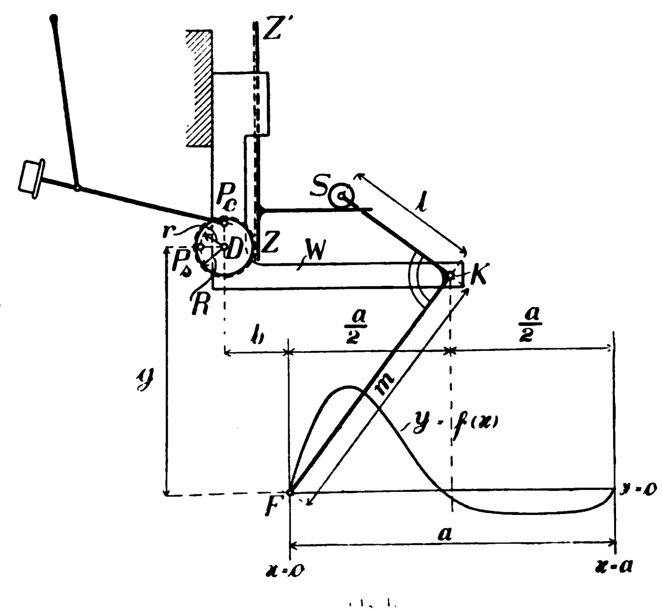


Fig. 1.

An einem nur in Richtung der y-Achse verschiebbaren Wagen W (Fig. 1) sind drei bewegliche Teile befestigt: ein rechtwinkliger Hebel FKS, der in F einen die Kurve überstreichenden Fahrstift, in K seinen Drehpunkt und in S eine Rolle besitzt; eine Zahnstange ZZ', die auf dem Wagen W ebenfalls nur in Richtung der y-Achse verschiebbar und mit S durch einen der x-Achse parallelen Arm verbunden ist; eine in ZZ' eingreifende gezahnte Scheibe, deren Mittelpunkt D auf dem Wagen W fest ist. Auf der Scheibe sind zwei von D gleich weit entfernte Einsatzpunkte P_c und P_s, und zwar so angebracht, daß der Winkel $P_c D P_s$ genau 90° beträgt. In diese Punkte wird der Fahrstift eines gewöhnlichen Polarplanimeters eingesetzt.

Eine analytische Betrachtung, die hier übergangen sei, zeigt, daß, wenn der Fahrstift F, vom Punkte $x = 0$, $y = 0$ beginnend, die Kurve $y = f(x)$ bis zum Punkte $x = a$, $y = 0$ durchläuft und dann längs der Abszissenachse zum Ausgangspunkte zurückkehrt, die Punkte P_c und P_s geschlossene Kurven durchlaufen, die die Flächeninhalte

$$F_c = \frac{r\,l}{R\,m} \int_0^a f(x) \cos \frac{l\,x}{R\,m}\, dx$$

$$F_s = \frac{r\,l}{R\,m} \int_0^a f(x) \sin \frac{l\,x}{R\,m}\, dx$$

begrenzen. Die Bedeutung der Konstanten l, m, r, R, a ist aus Fig. 1 zu entnehmen. Die Zahlenwerte dieser Flächeninhalte gibt also das mit dem Apparate in der angegebenen Weise kombinierte Polarplanimeter an.

Macht man

$$R = \frac{a\,l}{2\,\pi\,m} \cdot \frac{1}{n}, \qquad r = \frac{k}{\pi\,n},$$

worin a die Periode von $f(x)$ und $n = 1, 2, 3, \ldots$ bedeutet, so ist

$$F_c = k \cdot \frac{2}{a} \int_0^a f(x) \cos n \frac{2\,\pi\,x}{a}\, dx = k\,A_n$$

$$F_s = k \cdot \frac{2}{a} \int_0^a f(x) \sin n \frac{2\,\pi\,x}{a}\, dx = k \cdot B_n\,.$$

Man hat also noch ein gewisses, durch den Wert der Konstanten k ausgedrücktes Übersetzungsverhältnis in der Hand.

Der ausgeführte Apparat ist in Fig. 2 abgebildet. Für die erste bis sechste, achte, zehnte und zwölfte harmonische Schwingung sind auswechselbare Scheiben beigegeben, bei

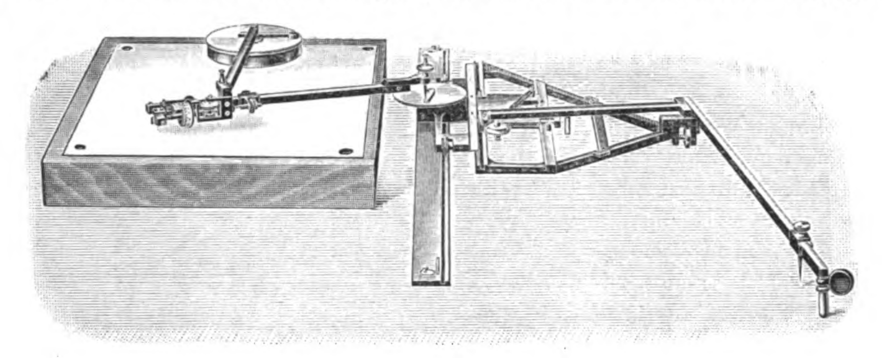


Fig. 2.

der siebenten, neunten und elften Schwingung werden Scheibenpaare angewendet. Das Übersetzungsverhältnis ($k = 10$) ist so gewählt, daß 1 cm^2 planimetrierter Fläche 0,1 *cm* Amplitude der zu harmonisierenden Kurve entspricht, was in der Tat eine für die Praxis weitaus genügende Genauigkeit ist. Eine Probeanalyse eines aus geraden Linien gebildeten Kurvenzugs ergab eine hinreichende Meßgenauigkeit [1]). *Rt.*

Beseitigung des Einflusses der Luftdruck-Schwankungen auf astronomische Uhren.

Von G. Bigourdan. *Compt. rend.* ***149.*** *S. 753. 1909.*

Bigourdan hat für astronomische Uhren unter luftdichtem Verschluß einen Luftdruck-Regulator bauen lassen, welcher den Druck im Gehäuse auf konstanter Höhe halten soll, und zwar entweder unter dem Minimum oder über dem Maximum der örtlichen Luftdruck-Schwankungen; die Ausführung berücksichtigt den zweiten Fall. Ein registrierendes Aneroidbarometer ist in einen luftdichten Kasten eingebaut, welcher einerseits mit dem Uhrgehäuse, andrerseits mit einem Druckluft-Reservoir in Verbindung steht. Der Schreibhebel des Barographen trägt am Federende einen Kontaktdraht, welcher bei Druckverlust im Gehäuse einen Quecksilberkontakt schließt. Dadurch wird ein Elektromagnet erregt, dessen Anker ein zum Preßluft-Behälter führendes Federventil so lange öffnet, bis der Innendruck seinen

[1]) Der durch D.R.G.M. geschützte Apparat ist für 120 M. durch Gebr. Stärzl, München, Amalienstraße 28 zu beziehen.

Sollwert erreicht hat und das Aneroid den Strom wieder unterbricht. Soll das Aneroid gleichzeitig registrieren, so muß der Umschluß-Kasten zum Aufziehen des Laufwerks geöffnet werden können. Währenddessen werden das Uhrgehäuse und der Preßluftraum durch Hähne abgeschlossen. Die Pressung im Reservoir wird von Zeit zu Zeit durch eine Handpumpe ergänzt. Uhrgänge sind nicht mitgeteilt. *G.*

Das Stufenspektroskop, seine Nebenwirkung und die Struktur der grünen Quecksilberlinie.

Von H. Stansfield. *Phil. Mag.* **18.** *S. 371. 1909.*

Stansfield und Nagaoka hatten in ihren Stufengittern[1]) bemerkt, daß die grüne Hg-Linie λ 5461 aus 20 bezw. 18 Komponenten bestand. Dies widersprach allen andern Beobachtungen, die mit Interferenzapparaten von gleich hoher Auflösungskraft (Stufengitter, Interferometer, gekreuzte planparallele Platten) angestellt worden waren. Jetzt klärt Stansfield diesen Widerspruch auf, indem er zeigt, daß die große Zahl schwacher Komponenten, die sein Stufengitter zeigt, in Reflexionen an den einzelnen Glasplatten des Stufengitters ihren Ursprung hat.

Stansfields Stufengitter besteht aus 33 Platten, die 9,48 *mm* dick, 40 *mm* hoch sind und 1 *mm* Öffnung besitzen. Die Glasplatten werden zusammengepreßt durch zwei Nickelstahlstäbe, die dieselbe Ausdehnung wie das verwendete Glas haben. Sie stehen in sehr enger Berührung, doch fügt Verf. sogleich hinzu: „Meistens ist der größere Teil einer Zwischenfläche von einem Fleck von bestimmtem, aber unregelmäßigem Umriß eingenommen, der „schwarz“ im reflektierten Licht erscheint. Der übrige Teil der Zwischenfläche zeigt im allgemeinen Weiß der ersten Ordnung, aber hier und da ist die Lufthaut dick genug, um das Gelb oder sogar das Rot der ersten Ordnung zu zeigen.“ Das Stufengitter macht paralleles Licht schwach konvergent und zeigt auch eine schwache prismatische Wirkung.

Um eine beliebige Linie für die Untersuchung im Stufengitter auswählen zu können, wird gewöhnlich zuerst das Licht in einem Prisma mit konstanter Ablenkung zerlegt; man kann dann alle Linien einzeln der Reihe nach auf den Spalt des eigentlichen Stufenspektroskops werfen. An dem vorliegenden Stufengitter kann aber das Prisma auch direkt am Stufengitter montiert werden (Fig. 1). Dann addiert sich die Dispersion des Prismas, die 2% von derjenigen des Stufengitters beträgt, zu der des Stufengitters, wenn letzteres in der in Fig. 1 gestrichelt gezeichneten Lage G_1 sich befindet; es subtrahieren sich die 2% in umgekehrter Stellung des Stufengitters (Lage G_2). Dieser Wechsel von 4% in der Dispersion ist in der Nebenfigur veranschaulicht, die die grüne Hg-Linie darstellt.

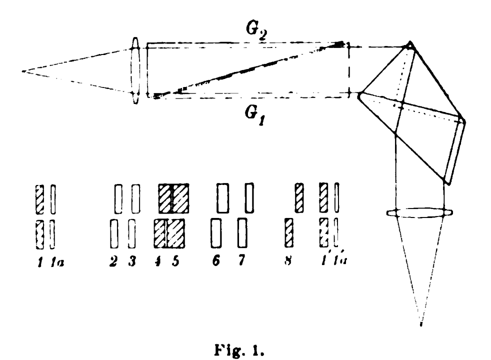


Fig. 1.

Es sind *1* und *1'*, ebenso auch *1a* und *1'a* zwei Ordnungen derselben Linie; ihre Entfernung wird durch die Umstellung des Gitters nicht geändert, nur die Linien *2* bis *8*, die zur selben Ordnung wie *1* gehören, rücken näher an *1* heran bezw. entfernen sich von *1*, je nachdem die Dispersion des Prismas und die des Gitters sich subtrahiert oder addiert.

Es werden Formeln für Licht abgeleitet, das unter kleinem Winkel einfällt, sowohl wenn es zuerst auf das breite Ende, als auch wenn es umgekehrt zuerst auf das schmale Ende des Stufengitters auftrifft. Den ersteren Fall hatte schon früher Galitzin (siehe das Referat in *dieser Zeitschr.* **27.** *S. 224. 1907*) ausführlich behandelt; daher können die Formeln hier übergangen werden.

---

[1]) *Nature* **78.** *S. 8. 1908;* **80.** *S. 319. 1909.*

Die Lage der Ordnungen ist natürlich sehr von der Temperatur abhängig; durch eine Temperaturerhöhung um 8,6° C. wird das Spektrum um eine Ordnung verschoben, d. h. dadurch wird eine Verzögerung der interferierenden Strahlen um eine Wellenlänge bewirkt.

Kippt man das Stufengitter, indem man unter sein schmales Ende einen kleinen Klotz schiebt, so zeigen die Linien des Stufengitters, wie schon E. Gehrcke[1]) beobachtet hatte, ein eigentümliches, strick- oder schraubenförmiges Aussehen, da sie von einem sekundären System von Linien gekreuzt sind. In normaler Lage des Stufengitters sind diese Sekundärlinien im Zentrum des Gesichtsfeldes parallel den Primärlinien, d. h. den eigentlichen Stufengitterlinien, nur stärker gekrümmt als diese. Dreht man das Stufengitter, so wandern die Sekundärlinien schneller, kippt man es, so neigen sie sich stärker als die Primärlinien und überkreuzen sie.

Die Sekundärlinien sind Linien höherer Ordnung, hervorgebracht durch *Reflexionen* in den einzelnen Glasplatten, aus denen das Stufengitter zusammengesetzt ist. Daß diese Reflexionen tatsächlich stattfinden, wird dadurch gezeigt, daß man bei schiefer Lage des Stufengitters das direkte Licht durch zwei Schirme s_1 und s_2 (Fig. 2) abblendet: der übrige Teil des Gitters erscheint hell. Bei n Platten hat man dann n schwache Strahlen mit der Verzögerung Δ; ihre Vereinigung gibt einen Sekundärstrahl. Ein zweiter Sekundärstrahl entsteht durch Vereinigung der $n-1$ Reflexionen des Lichts, das durch zwei Platten gegangen ist und die Verzögerung 2Δ besitzt, u. s. f. Die Sekundärwirkung ist also ähnlich derjenigen des Fabry und Perotschen Spektroskops, d. h. es liegt ein Ringspektrum vor, das im Gegensatz zu den eigentlichen Stufengitterlinien unabhängig von der Breite des Spaltes ist. Für senkrechten Einfall ist die Verzögerung $2\mu t$ (t die Dicke der Platten), also $\frac{2\mu}{\mu-1}$, d. i. etwa 5,5-mal so groß als beim Primärspektrum.

Das Sekundärlicht ist beim Austritt aus den Stufen der Stufengitterwirkung auch ausgesetzt und deshalb auf das Primärspektrum beschränkt. Man sieht demnach bei einer Lage des Stufengitters wie in Fig. 2 bei weitem Spalt nur kleine Teile der Ringe; macht man jetzt den Spalt sehr eng, sodaß die Primärlinien schmal sein würden, so sind die kurzen Ringteile zu Punkten geworden, die die Stelle des Schnittes der Sekundärlinien mit den entsprechenden Primärlinien anzeigen, d. h. die Stelle, in denen sich die gleichen Wellenlängen beider Systeme schneiden. Es liegt eine gewisse Ähnlichkeit mit den Gehrckeschen Interferenzpunkten[2]) vor, die durch zwei gekreuzte planparallele Glasplatten erhalten werden; nur sind jene nicht so klar definiert als diese.

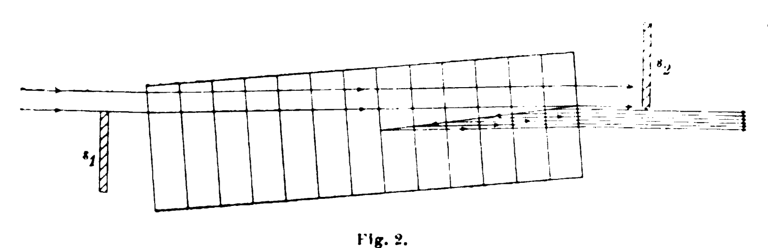


Fig. 2.

Dieses sekundäre Punktspektrum wurde photographiert und ausgemessen; der Abstand der Komponenten wurde berechnet nach der Formel

$$\Delta\lambda = \frac{\lambda}{p - 2t\cos r \frac{d\mu}{d\lambda}}, \qquad p = \frac{2\mu t \cos r}{\lambda},$$

wo t die Dicke der Platten und r den Brechungswinkel im Glase bedeutet. Die Übereinstimmung der Messung des sekundären Punktspektrums mit der der Primärlinien und

[1]) *Ann. d. Physik* **18.** *S. 1074. 1905.*

[2]) E. Gehrcke, *Verhandl. d. Deutsch. Physikal. Gesellsch.* **7.** *S. 236. 1905; Ann. d. Physik* **20.** *S. 269. 1906.*

denen anderer Beobachter ist recht befriedigend. Die Zahlen der folgenden Tabelle bedeuten Wellenlängendifferenzen in Ångström-Einheiten (1 Å.E. = 10^{-7} *mm*), gerechnet von der kürzesten Wellenlänge aus.

Fabry u. Perot	Gekreuzte Planparallel-Platten[1]		Stufengitter				
	Gehrcke u. v. Baeyer	v. Baeyer	Janicki	Galitzin u. Wilip	Primär-Spektrum (Stansfield)	Sek. Punkt-Spektrum (Stansfield)	
0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0.000	0,000	
0,128	0,131	0,136	0,133	0,137	0,135	0,141	
0,172	0,177	0,169	0,166	0,168	0,164	0,167	
		0,188		0,189			
0,224	} 0,229	0,213	} 0,232	0,236	0,232 { 0,217	0,217	stärkste
0,232		0,237			0,243	0,243	Linien
0,306	0,317	0,319	0,320	0,321	0,319	0,322	
0,360	0,363	0,362	0,365	0,365	0,363	0,365	
	0,4..	0.448			0,448		

Das Spektrum wurde mittels einer Aronsschen Quecksilberlampe erzeugt. Bei einer Bastian-Lampe, die die Form eines S hat, wurden die gleichen Komponenten beobachtet; war jedoch die Lampe so zum Spalt gestellt, daß die Entladung gleichzeitig parallel und senkrecht zum Spalt gerichtet war, so war der dunkle Zwischenraum, der die beiden stärksten Linien trennte, von 0,006 auf 0,026 Å.E. gestiegen. Ähnliches hatten früher Galitzin und Wilip beobachtet, die diese Erscheinung durch das Dopplersche Prinzip zu erklären suchten, und auch Janicki, der sie als Selbstumkehr ansah.

Die „Sekundärlinien" sind nach Ansicht des Ref. nicht notwendige Begleiter der Stufengitterlinien. Weder Galitzin und Wilip noch Janicki haben sie an den von ihnen benutzten 33-plattigen Stufengittern bemerkt. Man darf wohl vermuten, daß die Glasplatten des Stansfieldschen Stufengitters sich gelockert haben; es ist sehr wohl möglich, plane Glasplatten so übereinander zu schieben, daß Luftschichten, die zu Interferenzen im reflektierten Licht Veranlassung geben, zwischen ihnen sich nicht mehr befinden, sodaß der zusammengesetzte Glaskörper sich wie ein homogenes Stück verhält, und Reflexionen an den einzelnen Glasplatten nicht vorkommen. *L. J.*

Bestimmung der elektromotorischen Kraft des Westonschen Normalelementes mit Hülfe eines absoluten Elektrodynamometers.

Von P. Janet, F. Laporte und R. Jouaust. *Bull. de la Soc. intern. des Électriciens* **8.** *S. 459. 1908.*

Neues absolutes Elektrodynamometer und Bestimmung der elektromotorischen Kraft des Weston-Elementes.

Von H. Pellat. *Bull. de la Soc. intern. des Électriciens* **8.** *S. 573. 1908.*

Die für die absolute Bestimmung der Stromstärke in den beiden Arbeiten benutzten Elektrodynamometer beruhen ebenso wie das kürzlich zu gleichem Zwecke konstruierte Dynamometer von Ayrton, Mather und Smith (*National Phys. Laboratory Collected Researches* **4.** *S. 1. 1908*; Referat in *dieser Zeitschr.* **28.** *S. 278. 1908*) auf dem Prinzip der Stromwage.

1. Das von Janet, Laporte und Jouaust im *Laboratoire Central d'Électricité* in Paris konstruierte Dynamometer ähnelt der von Lord Rayleigh (*Phil. Trans. Roy. Soc. London* **175.** *S. 411. 1889*) angegebenen Form. Die Anordnung ist aus Fig. 1 ersichtlich. Eine flache, hori-

[1]) Diese Werte sind entnommen aus O. v. Baeyer, *Physikal. Zeitschr.* **9.** *S. 831. 1908.*

zontale Spule ist an einem Wagebalken aufgehängt und befindet sich in gleichem Abstand von zwei größeren, ebenfalls flachen und horizontalen Spulen. Die Ströme in den beiden festen Spulen fließen einander entgegengesetzt, sodaß die auf die bewegliche Spule ausgeübten Kräfte sich addieren. Die Wage ist, von dem Dynamometer getrennt, über ihm aufgestellt. Der Aufbau des Apparates ist symmetrisch, d. h. an jedem Ende des Wagebalkens hängt eine bewegliche zwischen je zwei festen Spulen. Durch diese Anordnung wird die zu messende Kraft verdoppelt. Die störende Wirkung der festen Spulen eines Systems auf die bewegliche Spule des anderen Systems läßt sich durch geeignetes Kommutieren des Stromes eliminieren.

Die Wage, die eine Balkenlänge von etwa 70 *cm* hat und für eine Belastung von 10 *kg* bestimmt ist, ist von Gardelle konstruiert und mit einem Dämpfungssystem nach Curie versehen (vgl. *diese Zeitschr.* **10.** *S. 34, 227. 1890*).

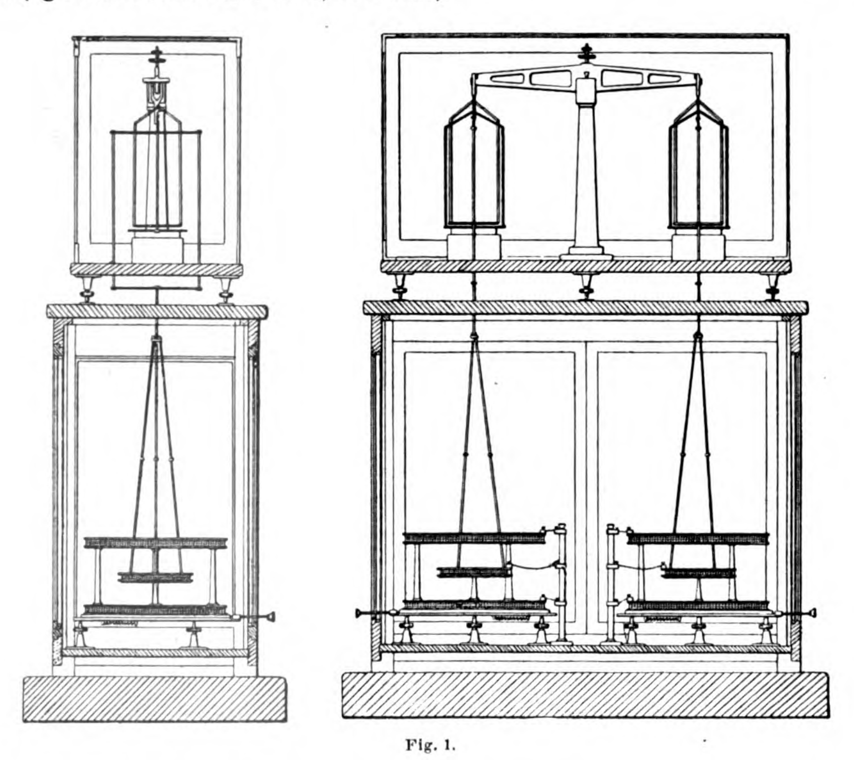


Fig. 1.

Die Wicklungskörper der Spulen sind aus Bronze. Die Wicklungen der festen Spulen bestehen aus 18 Lagen zu je 23 Windungen, also insgesamt 414 Windungen, die der beweglichen Spulen aus 12 Lagen zu je 16, zusammen 192 Windungen. Der mittlere Radius der festen Spulen ist etwa 17,9 *cm*, der der beweglichen Spulen etwa 9,6 *cm*. Der Wicklungsquerschnitt ist nahezu quadratisch und in seinen linearen Abmessungen klein gegen den Durchmesser. Der Abstand zwischen den Mittelebenen der festen und beweglichen Spulen beträgt etwa 9 *cm*. Alle Spulen sind mit Kupferdraht von 0,7 *mm* Dicke bewickelt, der mit weißer Seide doppelt umsponnen ist. Die festen bezw. beweglichen Spulen haben einen Widerstand von etwa 21 bezw. 5,2 Ohm; der Gesamtwiderstand des Apparates beträgt 94,3 Ohm bei 20° C. Die Stromzuleitung zu den beweglichen Spulen erfolgt durch Spiralen aus Silberdraht von 0,02 *mm* Durchmesser.

Die Berechnung der Konstanten des Dynamometers geschah nach einer von Maxwell für die Anziehung (Abstoßung) zwischen zwei parallelen Kreisströmen angegebenen Formel:

$$P = \frac{\pi \cdot b \cdot \sin\gamma}{\sqrt{A \cdot a}} \left[2F - (1 + \sec^2\gamma) E\right],$$

wo F und E die vollständigen elliptischen Integrale erster und zweiter Ordnung vom Modul

$$\sin\gamma = \frac{2\sqrt{A \cdot a}}{\sqrt{(A+a)^2 + b^2}}$$

sind. Hierin bedeuten A und a die Radien der beiden Kreisströme, b ist der Abstand ihrer Ebenen und P die Anziehung (Abstoßung) in Dynen zwischen den beiden parallelen Kreisströmen, wenn die Stromstärke gleich 1 $C.G.S.$-Einheit ist. Um die obige für zwei Kreisströme geltende Formel auf den vorliegenden Fall der aus mehreren Windungen bestehenden Spulen anwenden zu können, werden zwei verschiedene Näherungsverfahren benutzt, deren eines von Rayleigh, das andere von Lyle herührt. Beide Näherungsformeln gaben innerhalb $^2/_{100000}$ das gleiche Rechnungsresultat für die Konstante des Elektrodynamometers, d. h. für das Gewicht, das auf einer der Wagschalen hinzuzufügen ist, um nach Kommutierung des Stromes in den festen Spulen das vorher eingestellte Gleichgewicht wieder herzustellen. Dies Gewicht beträgt bei einem Strom von 1 Amp. 38,8308 Gramm, wenn $g = 980{,}951\ cm/\text{Sek.}^2$ ist.

Zur Berechnung der Konstanten des Dynamometers ist nach obiger Formel die Messung der Höhe der Spulen, ihres mittleren Durchmessers und des Abstandes ihrer Mittelebenen erforderlich. Spulen-Abstand und -Höhe wurden mit einem Kathetometer, der mittlere Durchmesser durch Messung der gesamten aufgewickelten Drahtlänge bestimmt. Für diesen Zweck war eine besondere, 30 m lange Wickelbank konstruiert worden. Auf den Wickelmechanismus und das dabei angewandte Längenmeßverfahren kann hier nicht näher eingegangen werden.

Bei der elektrischen Messung lag in Reihe mit den Dynamometerspulen und einer Akkumulatorenbatterie außer Regulierwiderständen ein aus drei Manganindrahtspulen von je 1 Ohm zusammengesetzter Meßwiderstand (aus einem Widerstandskasten von Siemens & Halske), der in ein Petroleumbad eingesetzt war. Der Strom wurde so einreguliert, daß die Potentialdifferenz an den Enden dieses Widerstandes von 3 Ohm gleich der elektromotorischen Kraft des Normalelementes war. Die Stärke des Dynamometerstromes betrug also etwa $^1/_3$ Amp., die Gewichtsänderung bei Kommutierung des Stromes in den festen Spulen war etwa 4.5 Gramm. Die drei 1 Ohm-Widerstände waren an Kopien der von Benoît im Jahre 1884 konstruierten Quecksilber-Normale angeschlossen.

Die Messungen erstrecken sich nur über einen kleinen Zeitraum (vom 6. bis 27. April 1908), und zwar wurden während dieser Zeit im ganzen zehn Messungen ausgeführt, deren Resultate in der folgenden Tabelle zusammengestellt sind.

Elektromotorische Kraft des Westonschen Normal-Elementes bei 16° C. in Volt	Abweichungen vom Mittelwert
1,01900	+ 0,00015
890	+ 05
68	— 17
71	— 14
86	+ 01
92	+ 07
98	+ 13
89	+ 04
86	+ 01
71	— 14

Mittel $1{,}01885_1$ bei 16° C.

Reduziert man diesen Mittelwert mit Hülfe der von der Reichsanstalt angegebenen Formel

$$E_t = E_{20} - 3{,}8 \cdot 10^{-5}(t - 20) - 0{,}065 \cdot 10^{-5}(t - 20)^2 \text{ int. Volt}$$

auf 20° C., so erhält man den Wert

1,01869 Volt bei 20° C.

2. Das Elektrodynamometer von **Pellat**, das im Prinzip einem von demselben Physiker im Jahre 1882 konstruierten Instrument gleicht (vgl. *Journ. de Phys.* **6.** *S. 175. 1887; Bull. de la Soc. intern. des Électriciens* **5.** *S. 195. 1888* und die Referate in *dieser Zeitschr.* **7.** *S. 182, 361. 1887*), besteht (Fig. 2) aus einer langen feststehenden Spule mit horizontaler Achse, in derem Innern eine bewegliche Spule mit vertikaler Achse an einem Wagebalken befestigt ist. Der Wagebalken trägt an seinem einen Ende eine Schale zur Aufnahme von Gewichten und ist durch ein Gegengewicht am anderen Ende ausbalanciert. Die Mittelpunkte der beiden Spulen fallen zusammen.

Der zu messende Strom i durchfließt beide Spulen und ruft ein Drehmoment $A \cdot i^2$ hervor, wo A eine nur von der Konstruktion des Instrumentes abhängige Konstante bedeutet.

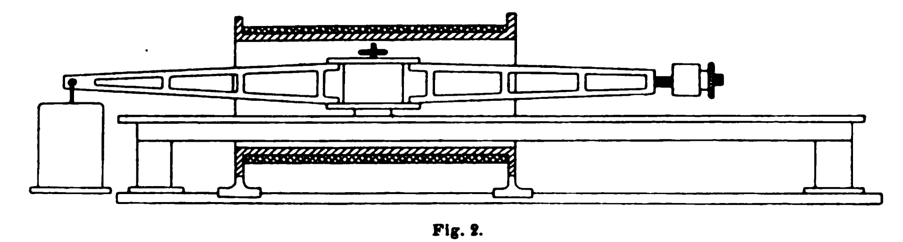


Fig. 2.

Muß zur Wiederherstellung des Gleichgewichtes bei Kommutierung des Stromes in der festen Spule eine Masse m auf die Wagschale gelegt werden, so ist

$$A \cdot i^2 = L \cdot m \cdot g,$$

wenn L die Länge des Hebelarmes und g die Erdbeschleunigung bedeutet. Bezeichnet N_1 die Anzahl der Windungen auf der Längeneinheit für jede Lage der aus mehreren Lagen bestehenden festen Spule, N die Anzahl der Lagen, n die Gesamtzahl der Windungen der nur eine Lage enthaltenden beweglichen Spule und T den Wicklungsradius derselben, so ist

$$A = 4\pi^2 N_1 N n T^2 (1 - \beta);$$

β ist ein durch die endliche Länge der festen Spule bedingtes Korrektionsglied.

Der Wicklungskörper der festen Spule besteht aus einem Messingzylinder von 25,8 *cm* äußerem Durchmesser und 70 *cm* Länge, der Wicklungskörper der beweglichen Spule aus einem Bronzezylinder von 17 *cm* Durchmesser und 12 *cm* Höhe. Die feste Spule enthält 10 Lagen zu je 465 Windungen doppelt mit Seide umsponnenen Kupferdrahtes von 1,3 *mm* Durchmesser, die bewegliche 206 Windungen aus ebensolchem Kupferdraht von 0,5 *mm* Durchmesser. Der Wagebalken hat eine Länge von etwa 90 *cm*. Die Ablesung der Gleichgewichtslage erfolgt durch Schwingungsbeobachtungen mittels Mikroskops mit Fadenkreuz an einer Skale, die an dem die Schale tragenden Ende des Wagebalkens angebracht ist. Ferromagnetische Körper sind bei dem Apparat vollständig vermieden; die Schneiden und Pfannen der Wage bestehen aus Achat. Der Einfluß des Erdmagnetismus wird durch richtige Orientierung der Wage zur Ebene des magnetischen Meridians und durch Kommutieren des Stromes in der festen Spule eliminiert. Bezüglich der Meßmethoden, die bei der Bestimmung der geometrischen Abmessungen des Dynamometers angewandt wurden, und wegen verschiedener Korrektionsrechnungen muß auf das Original verwiesen werden.

Die ungefähren Zahlenwerte der zur Berechnung der Konstanten $B = \sqrt{L \cdot g / A}$ erforderlichen Größen sind folgende:

$$N_1 = 6{,}67 \qquad N = 10 \qquad n = 206$$
$$T = 8{,}54\ cm \qquad 1 - \beta = 0{,}93 \qquad A = 3{,}68 \cdot 10^7 \qquad L = 45\ cm.$$

Dabei sind alle Messungen auf die gleiche Temperatur von 10° C. bezogen. Setzt man für die Erdbeschleunigung in Paris den Wert $g = 980{,}951\ cm/\text{Sek.}^2$ ein, so ergibt sich der Strom i in theoret. Ampere zu $i = B \cdot \sqrt{m} = 0{,}346395 \sqrt{m}$. Die Konstante B ist praktisch unabhängig von der Temperatur. Der wahrscheinliche Fehler von B wird zu 0,01% angegeben, der größtmögliche Fehler zu 0,016%. Dieser wird der Hauptsache nach durch die

Ungenauigkeit in der Bestimmung von T bedingt, weil zum Durchmesser des Wicklungskörpers der beweglichen Spule außer der Drahtdicke auch die Dicke der Seidenumspinnung hinzuzuzählen ist, die vom Druck abhängt, mit welchem die Drahtwindungen auf dem Wicklungskörper aufliegen.

Die elektrische Messung wurde ganz ähnlich wie bei der oben besprochenen Arbeit ausgeführt, insbesondere wurden dieselben Meßwiderstände benutzt. Der Strom im Dynamometer wurde so reguliert, daß an den Enden der drei Manganindrahtspulen von je 1 Ohm eine Potentialdifferenz gleich der elektromotorischen Kraft des Westonschen Normalelementes herrschte, was durch eine Kompensationsschaltung in der üblichen Weise festgestellt wurde. Die Stärke des Dynamometerstromes betrug also etwa $^1/_3$ Amp., die Gewichtsänderung bei Kommutierung des Stromes in der festen Spule etwa 0,96 Gramm.

Im ganzen wurden 8 Messungen in wenigen aufeinander folgenden Tagen (23. bis 25. Juli 1908) ausgeführt; sie ergaben für die elektromotorische Kraft des Westonschen Normalelementes bei 20° C. die folgenden Werte:

Elektromotorische Kraft des Westonschen Normal-Elementes bei 20° C. in Volt	Abweichungen vom Mittelwert
1,01844	+ 0,00005
29	— 10
44	+ 05
28	— 11
41	+ 02
38	— 01
48	+ 09
38	— 01

Mittel 1,01839 bei 20° C.

Der wahrscheinliche Fehler des Resultates wird zu ± 0,015 % angegeben. Das für die absoluten Messungen benutzte Normalelement stammte aus dem *National Physical Laboratory* in Teddington und wurde mit einer größeren Zahl anderer Elemente vom gleichen Typus verglichen; der Mittelwert aller Elemente war um $2 \cdot 10^{-5}$ Volt größer als der Wert jenes Elementes. Demgemäß wird als Schlußresultat für die elektromotorische Kraft des Westonschen Normalelementes der Wert angegeben

1,01841 ± 0,00015 Volt bei 20° C.

Vergleicht man das Resultat der beiden besprochenen Arbeiten, so ergibt sich eine Differenz von etwa 0,03 %. Da den beiden Messungen die gleiche Widerstandseinheit zugrunde gelegt wurde und andererseits die Normalelemente, wie vergleichende Messungen gezeigt haben, bis auf wenige Hunderttausendstel übereinstimmen, so ist diese Abweichung in den Elektrodynamometern begründet; man sieht also, wie schwierig es ist, bei solchen absoluten Messungen eine Genauigkeit von 0,01 % sicher zu erreichen.

Von Ayrton, Mather und Smith ist kürzlich, wie schon oben erwähnt, im *National Physical Laboratory* in Teddington die elektromotorische Kraft des Westonschen Normalelementes ebenfalls mit einer Stromwage sehr sorgfältig bestimmt worden. Dort wurde der nicht unwesentlich kleinere Wert

1,01818 Volt bei 20° C.

gefunden. Janet und Pellat weisen jedoch darauf hin, daß die von ihnen benutzte Widerstandseinheit um etwa $^1/_{10000}$ kleiner zu sein scheint, als die englische und deutsche Quecksilbereinheit. Berücksichtigt man diese Differenz, so würde der Unterschied zwischen der englischen Bestimmung und der im *Laboratoire Central d'Électricité* ausgeführten noch etwa 0,04 % betragen, während die Pellatsche Messung nur noch etwas mehr als 0,01 % von dem in Teddington erhaltenen Wert nach derselben Seite abweichen würde. *Gb.*

Ein neuer Strommesser für die genaue Messung von Wechselströmen über 1000 Ampere.

Von E. F. Northrup. *Transact. Amer. Electrochem. Soc.* **15.** *S. 303. 1909*: Auszug in *The Electrician* **63.** *S. 998. 1909.*

Wenn ein elektrischer Strom einen flüssigen Leiter durchfließt, so entsteht infolge der elektrodynamischen Anziehung der Stromfäden ein zentripetaler Druck in dem Leiter; es findet eine Kontraktion nach der Achse hin statt. Fließt also ein Strom von dem Kupferzylinder A_1 (Fig. 1) durch die von dem Elfenbeinring e begrenzte Quecksilberschicht z nach A_2, so entsteht zwischen den im Zentrum und im Umfange der kreisförmigen Quecksilber-Zelle gelegenen Teilen eine hydrostatische Druckdifferenz, sodaß das Quecksilber in dem Steigrohr p_2 ansteigt; die Druckdifferenz kann durch den Höhenunterschied des Quecksilbers in den Rohren p_1 und p_2 gemessen werden. Unter gewissen Bedingungen ist dann diese Druckdifferenz ein Maß der Stromstärke. Dies sind die Grundlagen für das neue Instrument.

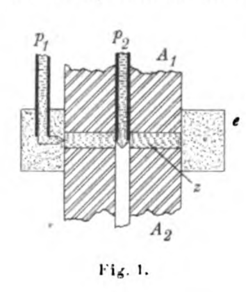


Fig. 1.

Es wird gezeigt, daß unter der Annahme gleichmäßiger Stromverteilung in dem Querschnitt der Zelle zwischen Stromstärke J und Druckdifferenz p die Beziehung besteht

$$J = \Delta \sqrt{p}\,, \tag{1}$$

wo Δ eine Konstante ist, die sich aus den Dimensionen zu

$$\Delta = \sqrt{\frac{\pi (R^2 - d^2)}{1 + \frac{2 d^2}{R^2 - d^2} \lg \frac{d}{R}}} \tag{2}$$

bestimmt (R äußerer, d innerer Durchmesser der Quecksilberzelle). Das Instrument liefert also für Gleichstrom und Wechselstrom derselben Stärke dieselben Angaben. Die vorausgesetzte gleichförmige Stromverteilung wird zwar bei Wechselströmen durch die „Hautwirkung" (*skineffect*) gestört; doch zeigten Rechnung und Versuch, daß dieser Einfluß bei allen praktisch vorkommenden Periodenzahlen unmerklich klein bleibt.

Bei der endgültigen Ausführungsform des für Messung von starken Wechselströmen (bis 2000 Ampere) bestimmten Instruments wendet der Verf. vier hintereinandergeschaltete Quecksilberzellen an. Von ausschlaggebender Bedeutung für das exakte Arbeiten des Instruments ist es, den Behältern R (Fig. 2) einen großen Durchmesser zu geben; da unter dieser Bedingung das Quecksilber sich am *Rand* von R nur um Bruchteile eines Millimeter, selbst beim maximalen Ausschlag des Instruments, bewegt, so wird der Einfluß der Reibung des Quecksilbers an der Wandung der Behälter eliminiert. Aus Fig. 2 ist ersichtlich, in welcher Weise die Zellen z kombiniert sind. Der Mittelpunkt der einen Zelle ist durch zwei Röhrchen mit der Peripherie der folgenden verbunden (vgl. die Schnitte EF und CD), sodaß die entstehenden Druckdifferenzen sich addieren. Es ist dann

$$J = \Delta \sqrt{\frac{p}{n}}\,. \tag{3}$$

Die Stromzuführungen sind bei A_1 und A_2. Der Strom durchfließt der Reihe nach die von Elfenbeinringen begrenzten Quecksilberzellen und ruft eine Druckdifferenz in dem Sinne hervor, daß das Quecksilber in dem Behälter R_2 steigt. Mittels gefärbten Wassers wird der Druck in bekannter Weise angezeigt und an einer in Millimeter und in Ampere geteilten Skale S abgelesen. Um ein Verdampfen des Wassers zu verhindern, ist das obere Ende des Meßrohres mit R_1 verbunden. Das Schwimmerventil V verhindert ein Überlaufen des Wassers bei Überlastung des Instruments. Die konstruktiven Einzelheiten sind aus Fig. 2 zu ersehen.

Um den Wattverbrauch W in den Zellen des Strommessers zu bestimmen, setzt Verf. in Gl. 2) in dem Ausdruck für Δ die Größe $d = 0$. Es ergibt sich $W = p \varrho l$, wenn l die achsiale Länge der Quecksilberschicht und ϱ der spezifische Widerstand des Quecksilbers sind. W ist also unabhängig von der Anzahl der Zellen und ihrer Oberfläche. Die Energie, die nötig ist, um eine bestimmte Druckdifferenz zu erzeugen, ist somit bei gegebener achsialer Länge der Zellen und bei Anwendung von Quecksilber eine ganz bestimmte. Im vorliegenden Falle war $l = 0{,}5$ *mm*; der Anstieg des Quecksilbers war 1,6 *mm*, der des Wassers etwa 2 *cm*

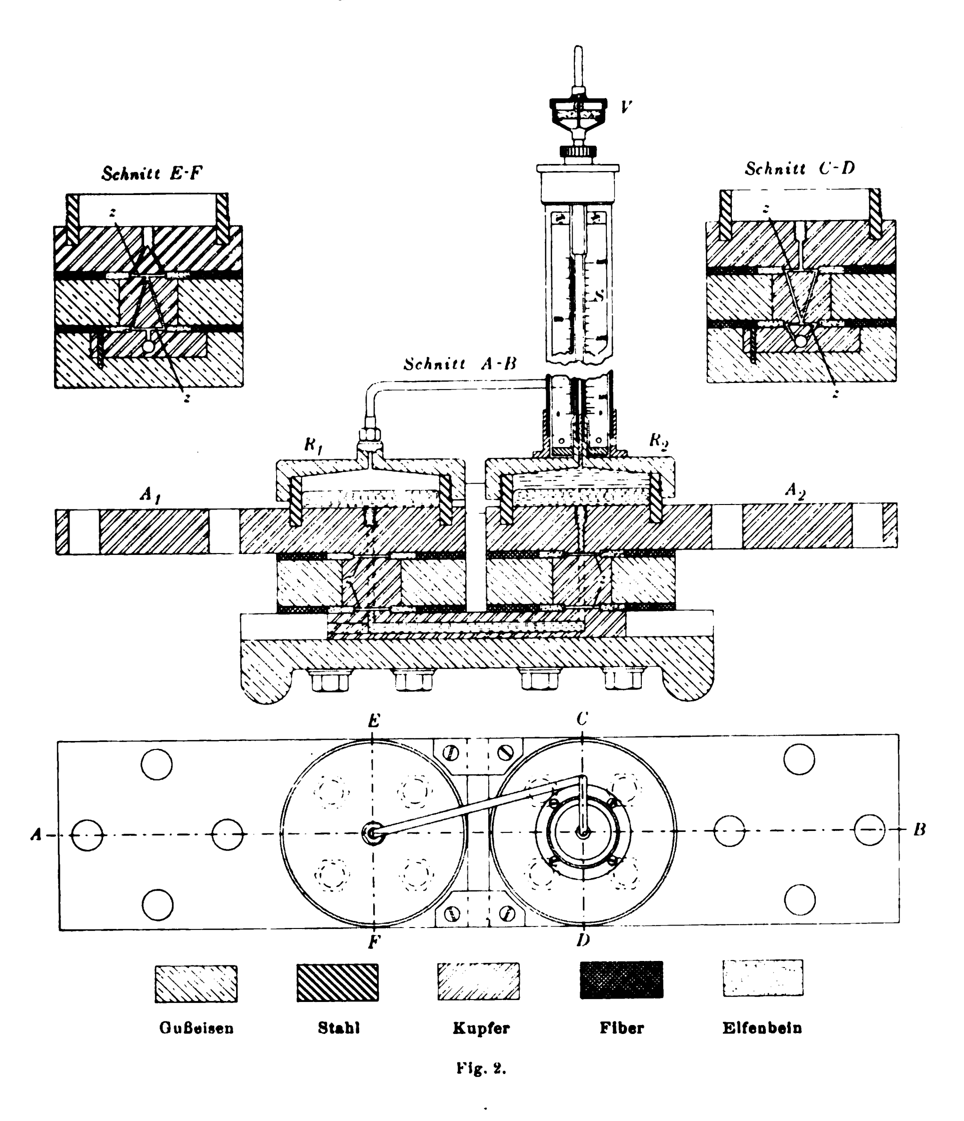


Fig. 2.

für 1 Watt. Das beschriebene Instrument hat eine Skale von 50 *cm* Länge; der Wattverbrauch bei 2000 Amp. beträgt 23 Watt. Beim Einschalten des vollen Stromes steigt das Wasser in 4 bis 5 Sekunden von 0 bis zur 50 *cm*-Marke und fällt in derselben Zeit nach Ausschalten des Stroms. Die Bewegung ist fast aperiodisch und folgt mit großer Empfindlichkeit allen Stromschwankungen.

Nach Messungen in den *Electrical Testing Laboratories* in New York erfolgten bei einer Eichung mit Gleichstrom unter Benutzung eines Kompensationsapparates die Einstellungen bei der 500 *mm*-Marke auf 0,02% genau, bei der 100 *mm*-Marke auf 0,03% genau. Die Temperatur des Instruments stieg bei voller Belastung in 20 Minuten um 7° C., die Einstellungen wurden dadurch nur unwesentlich beeinflußt.

Die Konstante K des Apparates wurde auf diese Weise nach der Formel $K = h/J^2$ bestimmt, wo h der Anstieg der Wassersäule und J die zugehörige Stromstärke ist; mit Hülfe der so gefundenen Konstante wurde dann eine in Ampere geteilte Skale angefertigt. Eine Reihe von Messungen ergab, daß die Angaben der Skale an ihrem oberen Ende von dem wirklichen Wert der Stromstärke um weniger als 0,1 % abwichen.

Vergleichende Messungen mit Wechselstrom bis 135 Perioden unter Benutzung einer Stromwage nach Kelvin ließen keine Abweichungen von den Gleichstromwerten erkennen.

Scht.

Bücherbesprechungen.

Comte de Baillehache, *Unités électriques.* gr. 8°. X, 202 S. Paris, H. Dunod & E. Pinat 1909.

Vor der Besprechung der elektrischen Einheiten behandelt der Verf. (*Ingenieur des arts et des manufactures*) das allgemeine System der *C.G.S.*-Einheiten, und zwar die Dimensionen dieser Einheiten, die Grundeinheiten und die Prototype, durch welche diese verkörpert werden, ferner die abgeleiteten Einheiten, die verschiedenen Maßsysteme und deren Beziehungen u. s. w. Die elektrischen Einheiten selbst werden im II. und III. Teil des Buches einschließlich der magnetischen Einheiten eingehend und unter Würdigung der historischen Entwicklung besprochen, und zwar behandelt der II. Teil das System der *absoluten*, der III. Teil dasjenige der *praktischen* elektrischen Einheiten. In dem ersteren ist alles Wissenswerte über die verschiedenen Systeme (elektrostatisches, elektrodynamisches und elektromagnetisches System), über die elektrischen und magnetischen Größen selbst und deren Dimensionen in den verschiedenen Systemen, die Messung der Größe v u. s. w. enthalten.

Die Besprechung der praktischen elektrischen Einheiten, denen das elektromagnetische Maßsystem zugrunde liegt, nimmt den größten Raum, nämlich fast genau die zweite Hälfte des Buches, ein. Die Definition dieser Einheiten auf den verschiedenen Elektrikerkongressen und ihre Verkörperung durch empirische Einheiten in diesen verschiedenen Entwicklungsstadien ist eingehend dargelegt. Die erste Etappe für die Festsetzung der praktischen Einheiten bildete der internationale Kongreß in Paris i. J. 1881, dem weitere Kongresse in Paris, in Chicago (1893) und St. Louis (1904) folgten; diese Kongresse und die daselbst vereinbarten Festsetzungen für die legalen und internationalen elektrischen Einheiten werden in den einzelnen Kapiteln des dritten Teils besprochen. Der letzte im Oktober 1908 in London abgehaltene Kongreß konnte in dem Buche nicht mehr berücksichtigt werden, ebenso hat auch die internationale Konferenz über elektrische Einheiten, welche im Oktober 1905 in Charlottenburg stattfand, keine Aufnahme gefunden.

Neben den theoretischen Definitionen der elektrischen Grundeinheiten durch empirische Einheiten, wie sie auf den in dem Buche erwähnten Kongressen festgesetzt wurden, sind auch die praktischen Einheiten selbst, Quecksilberwiderstände, Normalelemente, Silbervoltameter u. s. w., und die Messungen zur Auswertung dieser Einheiten in absolutem Maß näher besprochen. Gerade auf diesem Gebiet aber läßt das Buch mancherlei zu wünschen übrig, indem die Darstellung und die Zahlenangaben nicht immer dem jetzigen Stand der Wissenschaft entsprechen. So ist z. B. auch die auf *S. 147* abgebildete Figur für das Westonsche Element irreführend, indem danach die Merkurosulfat-Paste sich über dem Amalgam, statt über dem Quecksilber befinden soll. Bei Benutzung dieses Teiles des Buches ist also eine gewisse Vorsicht geboten. Immerhin kann man sich über viele Fragen, die das Gebiet der Einheiten betreffen, näher informieren, sodaß das Buch in manchen Fällen mit Nutzen zu Rate gezogen werden kann.

Das letzte Kapitel ist den Arbeiten der internationalen elektrotechnischen Kommission gewidmet.

W. J.

Verlag von Julius Springer in Berlin N. — Universitäts-Buchdruckerei von Gustav Schade (Otto Francke) in Berlin N.

Zeitschrift für Instrumentenkunde.

Kuratorium:

Geh. Reg.-Rat Prof. Dr. **H. Landolt**, Vorsitzender, Geh. Reg.-Rat Prof. Dr. **A. Westphal**, geschäftsführendes Mitglied, Dr. **H. Krüss**, Prof. Dr. **R. Straubel**.

Redaktion: Prof. Dr. **St. Lindeck** in Charlottenburg-Berlin.

XXX. Jahrgang. **Februar 1910.** Zweites Heft.

Über die Biegung von Astrospektrographen. Neuer Spektrograph für astrophysikalische Zwecke.

Von
G. Eberhard in Potsdam.

Einleitung.

Der erste Spektrograph, mit dem es gelang, die Geschwindigkeiten der Sterne in der Gesichtslinie auf Grund des Dopplerschen Prinzipes zu messen, war der im Jahre 1888 von Vogel und Scheiner gebaute Apparat. Bei der Konstruktion desselben war alles berücksichtigt worden, was damals Wissenschaft und Technik leisten konnten, sodaß es nahezu 10 Jahre dauerte, ehe ein neuer Spektrograph bekannt wurde, der eine größere Genauigkeit in den Radialgeschwindigkeiten gab, als sie die Messungen von Vogel und Scheiner hatten. Diese Steigerung der Leistung erreichte Campbell (*Astrophys. Journ. 8. S. 123. 1898*) einmal durch Verbesserung der optischen Verhältnisse des Spektrographen (Anwendung dreier einfachen Prismen an Stelle der zwei *Compound*-Prismen des Potsdamer Spektrographen, Projektion des Vergleichslichtes auf den Spalt u. s. w.), dann aber besonders dadurch, daß er als Vergleichsspektrum das linienreiche des Eisens wählte an Stelle des Wasserstoffes, welcher in dem zur Verwendung kommenden Spektralbezirke (der wieder durch die Sensibilitätskurve der photographischen Platte gegeben war) nur *eine* Linie ($H\gamma$) hat.

Die Steigerung der Genauigkeit hatte zur Folge, daß sich Einflüsse jetzt recht störend bemerkbar machten, die man zwar schon früher kannte, die aber bei der geringeren Genauigkeit nicht von so wesentlicher Bedeutung gewesen waren.

Es ist in erster Linie die während der Aufnahme vor sich gehende Variation der Apparattemperatur, welche sich als sehr schädlich erwies, und daher gingen Campbells Bemühungen zunächst dahin, diese Fehlerquelle zu beseitigen. Durch die Konstruktion seiner Heizvorrichtung (*Astrophys. Journ. 11. S. 259. 1900*), die für alle späteren derartigen Apparate Modell geblieben ist (obwohl Deslandres und Lord schon früher Heizapparate verwendet hatten), erreichte Campbell dieses Ziel, und damit erhöhte er die Messungsgenauigkeit für Radialgeschwindigkeiten um etwa das Zehnfache gegen die alten Potsdamer Beobachtungen. Aber auch dieser Fortschritt machte eine weitere Verbesserung nötig. Bei der großen Genauigkeit nämlich, die jetzt die Messungen hatten, wurde wiederum ein früher weniger hervortretender Mangel der Spektrographen, die *Biegung*, recht fühlbar, durch die es verhindert wird, daß man bei langen Belichtungszeiten (schwachen Sternen) dieselbe große Genauigkeit erreicht wie bei kurzen (hellen Sternen), und die es auch verhindert, die Genauigkeit überhaupt so weit zu treiben, als es zurzeit möglich ist. Hatte man sich nämlich bisher damit genügen lassen, die Radialgeschwindigkeit eines Sternes bis auf 1 *km* sicher zu

bestimmen, so ließen es einige sehr wichtige Probleme, z. B. die Bestimmung der Sonnenparallaxe auf spektroskopischem Wege, wünschenswert erscheinen, die Messungen bis auf einige zehntel Kilometer sicher zu bekommen, und das ist nur möglich, wenn der Apparat frei von Biegung ist. Es handelte sich also darum, den Spektrographen so stabil zu bauen, daß er sich auch bei längeren Belichtungen als starrer Körper verhält. Diese Aufgabe wurde zuerst von Frost (*Astrophys. Journ.* ***15.*** *S. 1. 1902*) und kurz danach auch auf dem Lick-Observatorium (*Publ. of the Lick Observatory* ***9.*** *S. 50. 1907*) mit Erfolg in Angriff genommen, und damit ist der heutige Typus der Sternspektrographen geschaffen worden.

Ich konnte im vorhergehenden die mit logischer Konsequenz sich Schritt für Schritt vollziehende Entwicklung des modernen Sternspektrographen nur in ihren Hauptetappen kurz skizzieren, sonst hätte noch eine Reihe weiterer, sehr wertvoller Untersuchungen, z. B. die von Hartmann über die Prüfung und Justierung von Spektrographen u. s. w., erwähnt werden müssen. Im folgenden will ich nun, ehe ich den zuletzt gebauten Sternspektrographen des Potsdamer Observatoriums beschreibe, die Resultate einer Untersuchung über die Biegung eines solchen Instrumentes mitteilen, da meines Wissens in der vorhandenen Literatur sich nirgends etwas Ausführlicheres über diese so wichtige Frage vorfindet, und außerdem vieles in der darauf folgenden Beschreibung des neuen Instrumentes erst dann genügend verständlich wird.

Über die Biegung von Sternspektrographen.

Für die Aufnahme von Sternspektren hat man bisher fast immer einen geeigneten Spektrographen fest mit einem parallaktisch montierten Fernrohr verbunden, welches auf den zu untersuchenden Stern gerichtet wird. Da die Exposition auch für die hellen Sterne eine gewisse, mehr oder minder lange Zeit erfordert, sich bei schwachen Sternen wohl sogar über viele Stunden hinzieht, muß man das Fernrohr, entsprechend der täglichen Bewegung des Himmels, dem aufzunehmenden Sterne mit Hülfe eines Uhrwerkes nachführen. Der Spektrograph wird infolgedessen seine Lage im Raume nach und nach ändern, und, falls er auch so gebaut ist, daß er keine Schlotterungen zuläßt, so werden sich doch bei diesen Lagenänderungen durch die Elastizität des Materiales, aus dem das Instrument hergestellt ist, seine einzelnen Teile gegen einander verschieben. Hierdurch müssen in den Aufnahmen Fehler entstehen, die man als *Biegungsfehler* bezeichnet.

Aus dem Gesagten ist es bereits klar, daß es sich für die Beobachtungen selbst nur um die Veränderungen des Spektrographen handeln kann, die zwischen Beginn und Ende der Exposition eintreten, also um differentielle Größen, während es z. B. an sich ganz gleichgültig ist, welche Biegung der Spektrograph beim Beginn der Exposition gegen eine solche Lage hat, in der keinerlei Biegung auftritt. Immerhin wird natürlich ein Apparat mit geringer absoluter auch eine kleinere differentielle Biegung besitzen, als ein solcher mit großer absoluter Biegung, und es ist daher die Aufgabe des Konstrukteurs, die Form des Spektrographen so zu wählen, daß dieser Fehler soviel als möglich unterdrückt wird.

Angaben über die Größe der Biegung von bekannten Instrumenten sind leider nur in geringer Anzahl vorhanden, sodaß man wenig orientiert ist, wie weit immer die Konstruktion geglückt ist. Keeler (*Publ. of the Lick Observatory* ***3.*** *S. 180. 1894*), Deslandres (*Bull. Astronom.* ***15.*** *S. 55. 1898*), Hartmann[1]) (*Astronom. Nachr.* ***155.***

[1]) Hartmann schreibt: „Was die Biegung anbelangt, so dürfte dieselbe durch die mechanisch vorzügliche, von Geheimrat Vogel entworfene Konstruktion der Apparate auf das denkbar kleinste Maß reduziert sein."

S. 118. 1901) finden die Biegung für ihre Instrumente als unmerklich, Küstner dagegen (*Astronom. Nachr.* **166.** *S. 203. 1904*) für den Bonner Spektrographen sehr hoch (Maximalwert rund 75 *km*). Wright (*Publ. of the Lick Observatory* **9.** *S. 54. 1907*) gibt als Maximalbetrag für den in Chile stationierten Spektrographen 1,8 *km*, Plaskett (*Journ. of the Royal Astronom. Soc. of Canada* **3.** *S. 302. 1909*) für den Spektrographen mit 3 Prismen von Ottawa gleichfalls 1,8 *km* an, während der Spektrograph mit einem Prisma dieser Sternwarte mit 100 *km* den Höchstbetrag erreicht.

Gleich bei der Inbetriebsetzung des Spektrographen Nr. IV des Potsdamer Observatoriums habe ich die Maximalbiegung dieses Apparates, dessen Justierung und Prüfung mir von Vogel übertragen worden war, bestimmt und diese nach Platte Nr. 266—268 (28. Okt. 1900) zu rund 28 *km* für λ 4300 gefunden. Dieser Betrag sowie die Resultate einer Anzahl später aufgenommener Platten schienen mir recht erheblich zu sein, und ich habe daher einige Sterne in das laufende Beobachtungsprogramm eingesetzt, um sie möglichst oft und in den verschiedensten Stundenwinkeln (t) zu beobachten und zu einer erneuten Untersuchung über die Biegung zu verwenden. Die Ausmessung eines dieser Sterne, α Persei ($\delta = +49{,}5^0$), ergab nun folgendes Resultat:

t		Einzelwerte der Radialgeschwindigkeit von α Persei *km*	Mittel *km*	Kurve *km*
— 7^h bis	— 6^h	— 0,9 — 0,2 — 1,6	— 0,9	— 1,1
— 6	— 5	— 3,2 — 1,6 — 0,6 — 1,4	— 1,7	— 1,5
— 5	— 4	— 3,3 — 1,6 — 3,2 — 2,1 + 0,9 — 0,4	— 1,6	— 1,8
— 4	— 3	— 3,6 — 1,6 — 2,3 — 4,7 — 1,5 — 1,8 — 0,2 — 1,9 — 4,2 — 4,3	— 2,6	— 2,1
— 3	— 2	— 0,6 — 3,6	— 2,1	— 2,4
— 2	— 1	— 1,5 — 0,5 — 1,4 — 4,8	— 2,1	— 2,7
— 1	0	— 2,8	— 2,8	— 2,9
0	+ 1	— 4,2	— 4,2	— 3,0
+ 1	+ 2			— 3,1
+ 2	+ 3			— 3,0
+ 3	+ 4	— 2,5	— 2,5	— 2,9
+ 4	+ 5	— 1,1 — 2,2 — 3,8 — 1,0	— 2,0	— 2,7
+ 5	+ 6	— 3,3	— 3,3	— 2,4
+ 6	+ 7	— 2,6 — 2,3	— 2,5	— 2,1

Als Mittelwert aus allen einzelnen Platten (ohne Rücksicht auf den Stundenwinkel) ergibt sich — 2,1 *km*, und dieser Wert ist in guter Übereinstimmung mit anderweitig publizierten Werten, von denen ich einige folgen lasse:

Campbell	— 2,2 *km*
Newall	— 2,6 „
Frost u. Adams	— 2,1 „
Belopolski	— 2,9 „
Slipher	— 2,5 „
Plaskett	— 2,1 „
Küstner	— 2,2 „ .

Ordnet man aber die Radialgeschwindigkeiten, wie in obiger Tabelle, nach den Stundenwinkeln und bildet für jede einzelne Stunde einen Mittelwert, so zeigt sich ein vom Stundenwinkel abhängiger Gang, der noch deutlicher hervortritt, wenn man die Beobachtungen graphisch ausgleicht (Spalte: Kurve)[1]. Da der Spektrograph

[1]) Zur Beurteilung der Genauigkeit, welche dieser Spektrograph gibt, führe ich noch einige Messungen von α Arietis und Sirius an, von denen die des Sirius wohl das überhaupt für den Spektro-

während der Aufnahmen sorgfältig mittels der elektrischen Heizung auf konstanter Temperatur erhalten worden ist, kann dieser Gang nur von der Biegung herrühren, falls er überhaupt instrumenteller Natur ist. Zur Entscheidung dieser Frage habe ich eine erneute vollständige experimentelle Untersuchung der Biegung vorgenommen, welche nun zunächst mitgeteilt werden soll.

Bei dieser Untersuchung wurde folgendermaßen vorgegangen. Zunächst wurde das Fernrohr auf *diejenige* Deklination eingestellt, für welche die Biegung in ihrer Abhängigkeit vom Stundenwinkel gefunden werden sollte, und dann mit der Spalt-Blende, welche bei Radialbeobachtungen für die Aufnahme des Sternspektrums dient, in der Meridianlage des Fernrohrs ($t = 0^h$) ein Eisenspektrum photographiert. Hierauf wurde das Fernrohr in einen andern Stundenwinkel (t_n) gebracht und auf dieselbe Platte eine zweite Aufnahme des Eisenspektrums, unter Benutzung der Vergleichsspektrum-Blende, gemacht. Die Verschiebung dieser zweiten Aufnahme gegen die erste gibt dann den Betrag der Biegung für die vorgenommene Verstellung des Fernrohrs an, und jede derartig aufgenommene Platte liefert einen Punkt in der Kurve, welche allgemein für eine bestimmte Deklination die Abhängigkeit der Biegung von dem Stundenwinkel darstellt. Solche Aufnahmen habe ich für die Deklinationen 0°, 20°, 50°, 80°, 90° hergestellt und ausgemessen.

Die Ausführung dieser Versuche konnte nur an thermisch besonders günstigen Tagen und Tageszeiten vorgenommen werden, nämlich an den Nachmittagen trüber Tage, an denen die Temperaturänderungen in der Kuppel sehr gering sind[1]) und sehr langsam verlaufen, und außerdem keine Temperaturschichtung innerhalb der Kuppel zu befürchten ist. Da man nämlich bei der Anstellung der Versuche nach jeder Einstellung des Fernrohrs dem Spektrographen eine gewisse Zeit Ruhe lassen muß, bis er sich wieder in stabilem Zustande befindet — 5 bis 10 Minuten habe ich meist gewartet — werden rasche, nicht der Zeit proportionale Änderungen der Kuppeltemperatur Verschiebungen der zwei Spektren gegen einander hervorbringen, welche die Messungen für die vorliegende Untersuchung stark verfälschen können. Von

graphen Nr. IV erreichbare Maximum der Genauigkeit geben, da die Expositionen dieses Sternes so kurz sind (5 bis 10 Minuten), daß sowohl Biegung als auch Variation der Temperatur ohne Einfluß sein müssen, während die von α Arietis ($\delta = +23{,}0°$) ungefähr von gleicher Dauer (40 bis 60 Minuten) wie die von α Persei sind.

α Arietis.

Nr. der Platte	Radialgeschwindigkeit km	t
425	— 15,3	— $0{,}5^h$
430	— 14,2	— 0,5
762	— 16,6	— 4,1
831	— 14,1	— 4,3
837	— 14,1	— 2,1
841	— 14,0	— 4,0
886	— 14,6	+ 2,2
Mittel	— 14,7	

Sirius

Nr. der Platte	Radialgeschwindigkeit km	t
463	— 7,3	— $1{,}0^h$
464	— 7,7	— 0,5
480	— 7,9	+ 0,3
539	— 8,0	+ 1,0
540	— 7,1	+ 2,0
555	— 7,6	+ 1,5
991	— 7,4	+ 1,0
992	— 7,7	+ 1,2
993	— 8,3	+ 1,4
997	— 8,1	+ 1,9
Mittel	— 7,7	

[1]) Eberhard, Untersuchungen über den Spektrographen IV u. s. w. *Publ. d. Astrophys. Observ. z. Potsdam* **18.** *Nr. 54. S. 92 u. flgde. 1907.*

noch größerer Schädlichkeit sind die Temperaturschichtungen in der Kuppel, welche 10° bis 15° C. betragen können. Der Spektrograph kommt nämlich bei diesen Versuchen naturgemäß in sehr verschiedene Höhen über den Fußboden und dadurch bei vorhandener Temperaturschichtung in sehr verschiedene Temperaturen.

Daß die soeben besprochenen Vorsichtsmaßregeln hinsichtlich der Temperatur nötig sind, zeigt am besten die folgende Tabelle, nach welcher die Beträge der Biegung fast immer äußerst klein sind und nur in extremen Lagen sich bis zu 0,01 *mm* erheben.

Stundenwinkel	Biegungsdifferenz				
	$\delta = 0°$	$\delta = 20°$	$\delta = 50°$	$\delta = 80°$	$\delta = 90°$
	R	R	R	R	
-12^h	− 0,0016	− 0,0106	− 0,0236	− 0,0246	
11	− 0,0032	− 0,0107			
10	− 0,0020	− 0,0074	− 0,0192		
9		− 0,0048	− 0,0111	− 0,0126	
8	− 0,0003		− 0,0069		
6	+ 0,0004	− 0,0007	− 0,0036	− 0,0061	
5			− 0,0014		
4	+ 0,0018	+ 0,0013	+ 0,0006		
3			+ 0,0005	+ 0,0009	
2	+ 0,0039	+ 0,0022	+ 0,0005	+ 0,0006	
− 1			+ 0,0027		
+ 1			− 0,0003		
2	+ 0,0010	− 0,0004	+ 0,0003		R
3				− 0,0012	− 0,0024
4	+ 0,0024	− 0,0016	− 0,0032		
6	− 0,0012	− 0,0049	− 0,0076	− 0,0122	− 0,0125
8	+ 0,0011		− 0,0152		
9		− 0,0134		− 0,0222	− 0,0254
10	− 0,0029	− 0,0144	− 0,0236	− 0,0268	− 0,0278
11	− 0,0023	− 0,0148		− 0,0264	− 0,0288
12	− 0,0018	− 0,0128	− 0,0227	− 0,0243	− 0,0281
13	− 0,0023	− 0,0133	− 0,0208		
+ 14		− 0,0119	− 0,0199	− 0,0201	− 0,0266

Zu dieser Tabelle ist zu bemerken, daß unter der Spalte „Biegungsdifferenz“ die Differenz der Biegung zwischen dem vorstehenden Stundenwinkel und dem Stundenwinkel 0^h, und zwar in Umdrehungen der Meßschraube ($1^R = 0{,}5$ *mm*) ausgedrückt, zu verstehen ist. Der angegebene Betrag dieser Größe ist das Mittel aus der Messung von 7 Linien in der Gegend von λ 4300. Das negative Vorzeichen deutet an, daß das bei dem Stundenwinkel t_n aufgenommene Spektrum gegen das beim Stundenwinkel 0^h aufgenommene nach der Richtung der größeren Wellenlängen (nach Rot) zu verschoben ist. Das Material für die Zahlen obiger Tabelle besteht in 97 Platten. Alle Aufnahmen sind in der Lage des Fernrohrs „Achse voran“ gemacht worden, in welcher ausnahmslos die Sternspektren aufgenommen werden.

Zeichnet man die einzelnen Zahlenwerte als Ordinaten und die dazugehörigen Stundenwinkel als Abszissen in Millimeterpapier ein und legt durch diese beobachteten Punkte eine glatt verlaufende Kurve, so übersieht man leicht den Verlauf der Biegung in seiner Abhängigkeit vom Stundenwinkel. Diese Biegungskurven für die verschiedenen Deklinationen zeigen nun große Ähnlichkeiten. Zunächst liegt das Minimum

der Biegung für den Spektrographen IV nicht, wie es *a priori* scheinen könnte, bei 0^h Stundenwinkel, sondern bei -1^h und die zwei Maxima bei -13^h und $+11^h$. Weiterhin sind die Kurven symmetrisch zu der durch -1^h gehenden Achse. Die Maxima der Biegung zeigen eine starke Abhängigkeit von der Deklination; sie nehmen nämlich größere numerische Werte mit zunehmender nördlicher Deklination an, sodaß es für die Beurteilung der Biegungsfreiheit eines Spektrographen ohne Wert ist, wenn man die Biegung für eine einzige Deklination, etwa für die Äquatorlage des Fernrohrs, angibt. Die Werte der Maxima in ihrer Abhängigkeit von der Deklination (δ) lassen sich für den Spektrographen IV mit genügender Genauigkeit durch folgende, rein interpolatorische Formel berechnen:

$$-\overset{R}{0{,}0304}\sin(9{,}5^\circ+\delta)\,.$$

Daß die Biegungskurve selbst nicht einer einfachen Funktion entspricht, sieht man ohne weiteres, und in der Tat konnte ich auch keine solche finden. Es lassen sich aber mit geringer Mühe unter Benutzung der aus der Kurve entnommenen, also schon graphisch ausgeglichenen Werte trigonometrische Reihen aufstellen, welche die beobachteten Zahlen der Biegung (b) mit jeder beliebigen Genauigkeit darstellen. So genügt z. B. die für $\delta = 50^\circ$ geltende Reihe

$$b = -\overset{R}{0{,}0083} - \overset{R}{0{,}0119}\cos\theta - \overset{R}{0{,}0034}\cos 2\theta - \overset{R}{0{,}0010}\cos 3\theta + \overset{R}{0{,}0001}\cos 4\theta + \overset{R}{0{,}0003}\cos 5\theta$$
$$+\ 0{,}0002\sin\theta$$

den Beobachtungen folgendermaßen:

θ	beob. — berechn.
	R
0^h	+ 0,0003
2	+ 0,0010
4	+ 0,0005
6	— 0,0005
8	+ 0,0001
10	— 0,0002
12	+ 0,0001
14	+ 0,0002
16	+ 0,0003
18	— 0,0002
20	0,0000
22	— 0,0012

Der Stundenwinkel t ist mit dem Argumente θ durch die Relation $t + \theta = 11^h$ verknüpft.

So interessant es nun für die Kenntnis des Spektrographen ist, den Betrag der *Größe* der Biegung als Funktion des Stundenwinkels zu kennen, ist es doch für die Beantwortung der gerade für die Praxis wesentlichen Frage: in welchen Stundenwinkeln die Beobachtungen am wenigsten unter der Biegung leiden, wichtiger, die stündliche *Änderung* der Biegung als Funktion des Stundenwinkels aufzusuchen; denn für die Beobachtungen ist die Größe der Biegung bis zu einem gewissen Grade gleichgültig, wenn sie nur konstant bleibt und sich nicht mit dem Stundenwinkel ändert. Aus den Biegungskurven ist sofort ersichtlich, daß für den Spektrographen IV um das Minimum ($t = -1^h$) herum und in den Maximis ($t = +11^h$ und $t = -13^h$) die stündliche Änderung der Biegung am kleinsten ist.

Es können somit, wenn man die Stellen kleinster Biegungsänderung kennt und die Beobachtungen in diesen Stundenwinkeln ausführt, auch mit Spektrographen, welche mit großer Biegung behaftet sind, gute Messungen erhalten werden, wie es z. B. mit dem Spektrographen der Bonner Sternwarte der Fall ist.

Entnimmt man aus den Biegungskurven die Werte der stündlichen Änderungen der Biegungen, so kann man letztere wiederum als Funktion des Stundenwinkels durch eine trigonometrische Reihe darstellen. So lautet dieselbe z. B. wieder für $\delta = 50^0$ für den Spektrographen IV

$$+ \overset{R}{0{,}0001} - \overset{R}{0{,}0008} \cos\theta - \overset{R}{0{,}0009} \cos 2\theta - \overset{R}{0{,}0009} \cos 3\theta - \overset{R}{0{,}0003} \cos 4\theta + \overset{R}{0{,}0009} \cos 5\theta$$

$$+ \overset{R}{0{,}0005} \cos 6\theta$$

$$- \overset{R}{0{,}0033} \sin\theta - \overset{R}{0{,}0018} \sin 2\theta - \overset{R}{0{,}0004} \sin 3\theta + \overset{R}{0{,}0007} \sin 4\theta + \overset{R}{0{,}0007} \sin 5\theta$$

und sie stellt die beobachteten Werte völlig dar:

θ	beob. — berechn.
	R
0^h	— 0,0002
2	+ 0,0001
4	+ 0,0003
6	0,0000
8	+ 0,0001
10	— 0,0002
12	+ 0,0003
14	— 0,0003
16	+ 0,0002
18	+ 0,0001
20	— 0,0003
22	+ 0,0003

Bei den Aufnahmen von Sternspektren wird man wohl in den meisten Fällen die Beobachtungen in kleinen Stundenwinkeln anstellen (-6^h bis $+6^h$) und für dieses Intervall läßt sich die Biegungskurve, die zu $t = -1^h$ symmetrisch ist, für den Spektrographen IV auch völlig durch eine einfache parabolische Formel darstellen, z. B. für $\delta = 50^0$ durch

$$+ \overset{R}{0{,}00116} - [6{,}23870 - 10]\,(t+1)^2\,,$$

$t + 1$	beob. — berechn.
	R
$\pm 6^h$	0,0000
± 5	0,0000
± 4	0,0000
± 3	+ 0,0001
± 2	— 0,0001
± 1	0,0000
± 0	— 0,0001

deren Differentialquotient: $-0{,}000347\ (t+1)$ dann die stündliche Änderung der Biegung ergibt.

Für die Deklination $\delta = 0^0, 20^0, 80^0, 90^0$, für welche auch Beobachtungen vorliegen, habe ich Formeln nicht berechnet, da sie kein praktisches Interesse haben, zumal man aus den Biegungskurven alles Wesentliche ersehen kann. Auch die Darstellung der Biegung in allgemeinerer Form als gleichzeitige Funktion der Deklination und des Stundenwinkels habe ich aus diesem Grunde nicht versucht. Es schien mir aber noch von Interesse, einen besonders einfachen Fall zu behandeln, um zu sehen, ob er zu einer vielleicht mechanisch ableitbaren Formel führen könnte. Dieser einfachste Fall ist der, bei welchem das Fernrohr dauernd im Meridian steht und nur die Deklinationseinstellung geändert wird. Die Beobachtungen ergaben folgende Werte:

Zenitdistanz	Biegungsdifferenz
$+90^0$	$-\overset{R}{0,0252}$
$+50$	$-0,0119$
$+30$	$-0,0049$
-20	$+0,0033$
-40	$+0,0110$
-86	$+0,0227$

wo die Zenitdistanzen nördlich vom Zenit durch ein Minuszeichen kenntlich gemacht sind und unter „Biegungsdifferenz" wieder die Differenz der Biegungswerte zwischen der vorstehenden Zenitdistanz und der Zenitdistanz 0^0 zu verstehen ist.

Auch diese Zahlen führen nicht zu einer einfachen Formel, sind aber durch die trigonometrische Reihe

$$+\overset{R}{0,001} - \overset{R}{0,0190}\sin z + \overset{R}{0,0043}\sin 3z - \overset{R}{0,0017}\sin 5z$$

darstellbar. Der größte Betrag der Biegung, der hiernach überhaupt vorkommen kann, ist $\overset{R}{0,050}$, welcher mit dem Mittelwerte $\overset{R}{0,053}$ der Platten Nr. 266, 267, 268 und dem Mittelwerte $\overset{R}{0,054}$ der Platten Nr. 973, 974, 987, 988 in guter Übereinstimmung ist. Da in der Spektralgegend λ 4300 eine Revolution der Meßschraube 555 *km* entspricht, so würde niemals eine Verfälschung der Radialgeschwindigkeit von mehr als 28 *km* überhaupt entstehen können.

Die letzterwähnten zwei Serien Platten habe ich zur Untersuchung einer weiteren Frage verwendet. Durch die Biegung des Spektrographen wird nämlich die photographische Platte, auf welche die Aufnahmen gemacht werden, nicht nur zu sich parallel verschoben, sondern sie wird sowohl verschoben als auch gleichzeitig gedreht. Es genügt daher nicht, den Wert der Biegung für *einen* Wellenlängenbezirk, wie z. B. im obigen für λ 4300, zu kennen, sondern man muß ihn für eine Reihe von Wellenlängen bestimmen. Weiterhin muß man die durch die Biegung bewirkte Verschiebung des Sternspektrums zwischen den zwei Vergleichsspektren in der Richtung der Linien untersuchen. Obige Platten sind für die Lösung der ersteren Aufgabe besonders geeignet, weil sie das Maximum der Biegung enthalten und daher auf ihnen auch der Verlauf der Biegung in seiner Abhängigkeit von der Wellenlänge gut erkennbar ist. Die folgende Tabelle gibt die gemessenen Werte wieder, welche durch eine *lineare* Formel

$$\overset{R}{0,074} - \overset{R}{0,000124}(\lambda - 4132)$$

mit völlig genügender Genauigkeit zusammengefaßt werden können.

λ	Pl. 266, 267, 268	Pl. 973, 974, 987, 988	Mittel	Formel	
	R	R	R	R	km
4415	0,040	0,036	0,038	0,039	24,7
4405	0,040	0,042	0,041	0,040	25,1
4326	0,052	0,048	0,050	0,050	28,6
4308	0,047	0,052	0,050	0,052	29,2
4299	0,055	0,054	0,054	0,053	29,4
4294	0,054	—	0,054	0,054	29,8
4202	0,055	0,075	0,065	0,065	31,9
4199	0,062	0,068	0,065	0,066	32,2
4132	0,067	0,080	0,074	0,074	32,9

Die durch die Biegung erzeugte Verschiebung des Sternspektrums in der zum Verlauf des Spektrums senkrechten Richtung (Richtung der Linien) habe ich auch zu messen versucht, obwohl ihr ein Interesse für die Praxis nicht zukommt. Es ist mir indessen nicht gelungen, für diese Wirkung der Biegung einigermaßen konstante Zahlenwerte zu bekommen, da sich die Spaltblende des Spektrographen IV für diese Versuche als nicht genügend stabil erwies.

Nachdem der Verlauf der Biegung in seiner Abhängigkeit vom Stundenwinkel bekannt ist, kann man entscheiden, ob der in den Radialgeschwindigkeiten von α Persei ($\delta = +49{,}5^0$) beobachtete Gang durch die Biegung hervorgebracht sein kann. Es sei dazu noch bemerkt, daß bei der Herstellung eines jeden Sternspektrums sowohl vor als nach der Aufnahme des Sternes ein Eisenspektrum als Vergleichsspektrum mit möglichst genau gleicher Expositionszeit aufgenommen wird. Diese zwei Aufnahmen würden bei konstanter Temperatur des Apparates genau koinzidieren, wenn keine Biegung vorhanden wäre, sonst aber werden sich die Linien der zwei Spektren nur teilweise bedecken. Wenn man daher bei der Ausmessung dieser Spektren auf die Mitte der so zusammengesetzten Eisenlinien und auf die Mitte der betreffenden Absorptionslinien des Sternes, welche gleichfalls infolge der Biegung einen veränderten mittleren Ort annehmen, pointiert, kann die Biegung, die während der 40 bis 60 Minuten dauernden Exposition bei α Persei entsteht, in die Messungen bei weitem nicht in dem Betrage eingehen, wie er bei den obenstehenden Versuchen erhalten worden ist, bei welchen die volle Biegungsdifferenz: Anfang minus Ende bestimmt worden war.

Die bei α Persei auftretenden Beträge sind nun aber beträchtlich größer, als sie nach obigem sein sollten, und, was noch wesentlicher ist, der Gang in den Werten von α Persei ist ein anderer, als er sein müßte, wenn er durch Biegung entstanden wäre. Da er hiernach also jedenfalls nicht rein instrumenteller Natur ist, soll hier nicht näher darauf eingegangen werden.

Beschreibung des neuen Spektrographen.

Es ist im vorhergehenden erwähnt worden, daß man auch mit einem mit Biegung behaftetem Spektrographen gute Resultate erlangen kann, wenn man ihn in geeigneter Weise verwendet, d. h. nur in den Stundenwinkeln mit ihm beobachtet, für welche die stündliche Änderung der Biegung ein Minimum ist. Dadurch wird aber dem Beobachter eine sehr große Beschränkung auferlegt, und es können bei dem wenig günstigen Wetter unseres mitteleuropäischen Klimas manche sonst brauchbare Abende durch diese Gebundenheit an eine bestimmte Zeit für die Beobachtung ver-

loren gehen. Die höchste zurzeit erreichbare Genauigkeit wird man mit einem mit Biegung behafteten Apparat überhaupt kaum erreichen können. Weiterhin werden Beobachtungen mit Spektrographen kleiner Dispersion durch vorhandene Biegung in besonders starker Weise verschlechtert, weil die Umwandlungsfaktoren, mit denen die auf der Platte gemessenen Verschiebungen (und damit auch die durch Biegung erzeugte Verschiebung) multipliziert werden, um die Radialbewegung in *km* ausgedrückt zu erhalten, sehr groß sind im Vergleich zu denen von Spektrographen hoher Dispersion.

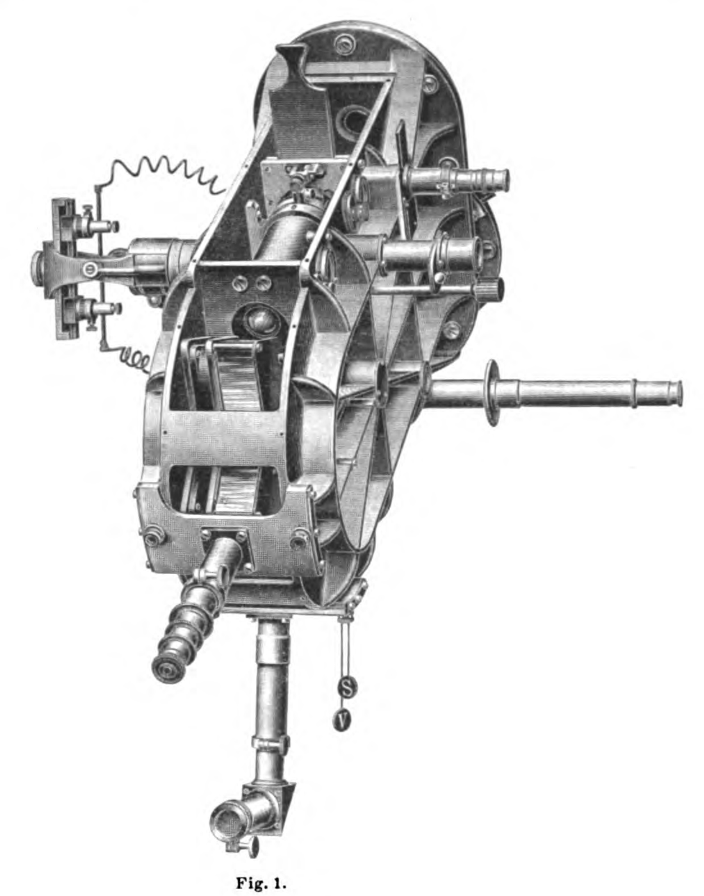


Fig. 1.

Diese Überlegungen waren für Vogel (1905) maßgebend, bei der Konstruktion eines neuen Spektrographen besonders Gewicht auf die Stabilität desselben zu legen. Weiterhin sollten aber für diese Neukonstruktion die zahlreichen Erfahrungen verwendet werden, die Ludendorff und der Verfasser bei der sehr intensiven Benutzung des Spektrographen IV in den Jahren 1900 bis 1906 gesammelt hatten.

Der in den Fig. 1 und 2 in zwei Ansichten dargestellte Spektrograph ist in vielen Beziehungen stark abweichend von den hier früher verwendeten Typen, und es sollen in der folgenden kurzen Beschreibung speziell diese Abweichungen hervorgehoben werden.

Das ganze Gehäuse des von O. Toepfer & Sohn in Potsdam gebauten Apparates ist mit allen seinen Verbindungen und Versteifungen in *einem* Stück gegossen worden, und zwar ist die Form nach den Angaben Vogels so gewählt worden, daß eine möglichst große Starrheit aller zu dem Instrumente vereinigten Teile gesichert wird.

Aus den beiden zueinander senkrechten, übrigens nur schematisch gehaltenen Querschnitten der Fig. 3 und den Fig. 1 und 2 ist ohne weiteres die innere und die äußere Gestalt des Gehäuses erkenntlich. Die obere und untere Grundplatte wurden von Toepfer so bearbeitet, daß sie zwei einander parallele (auf der Anschraubefläche zur Befestigung am Fernrohr senkrechte) Ebenen bilden, sodaß die Stellung der Prismen[1]) gegen die optischen Achsen von Kollimator und Kamera sowie deren Achsen gegen die optische Achse des Fernrohrs von vornherein eine korrekte wird, wenn vorher diese einzelnen Teile bei ihrer Herstellung auf einer gehobelten Stahlplatte gegen einander justiert worden sind. Die Böcke, in denen Kollimator und Kamera lagern, passen so zwischen die zueinander parallelen Grundplatten des Gehäuses, daß

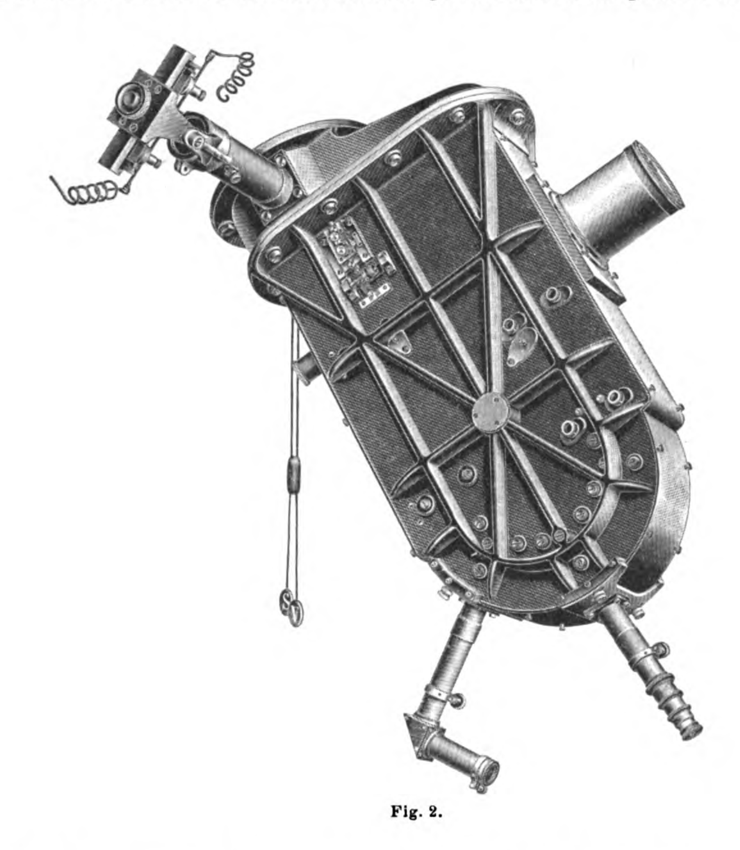


Fig. 2.

sie mit *beiden* verschraubt werden konnten, wodurch eine weitere Versteifung erhalten wurde, zumal die Messingrohre für die Objektive so genommen worden sind, daß sie einen möglichst großen Querschnitt (wesentlich größer als die Linsen) erhielten.

Durch diese Lagerung von Kollimator und Kamera ist eine der Hauptbedingungen für große Stabilität erfüllt. Es ist nämlich zu beachten, daß eine möglichst starre Verbindung dieser zwei Teile von größter Bedeutung ist, indem eine jede gegenseitige Verschiebung dieser Teile in vollem Betrage in die Messungen eingeht. Die Verbindung von Kollimator und Kamera mit dem Prismensystem und der Prismen unter einander ist von viel geringerer Wichtigkeit, da die Prismen für das Spektralgebiet, für welches der Spektrograph speziell benutzt werden soll, im

[1]) Die Seiten eines jeden der drei Prismen standen nach einer von mir auf dem großen Spektrometer des Observatoriums vorgenommenen Prüfung sehr genau senkrecht auf der Basis.

Minimum der Ablenkung stehen und somit kleine Drehungen derselben gegen das System: Kollimator—Kamera ohne größeren Schaden sind. Natürlich wird man trotzdem bestrebt sein, auch hier möglichste Starrheit herzustellen.

Der Verbindung des Spektrographen mit dem Fernrohr ist gleichfalls eine größere Aufmerksamkeit zuteil geworden, um auch hier größere Steifigkeit zu erzielen. Zu diesem Zwecke ist zwischen Fernrohr und Apparat ein knieförmiges Zwischenstück angebracht (Fig. 2 und 3), welches außerdem noch die Vorderplatte verstärkt und ihr den Heizkasten tragen hilft.

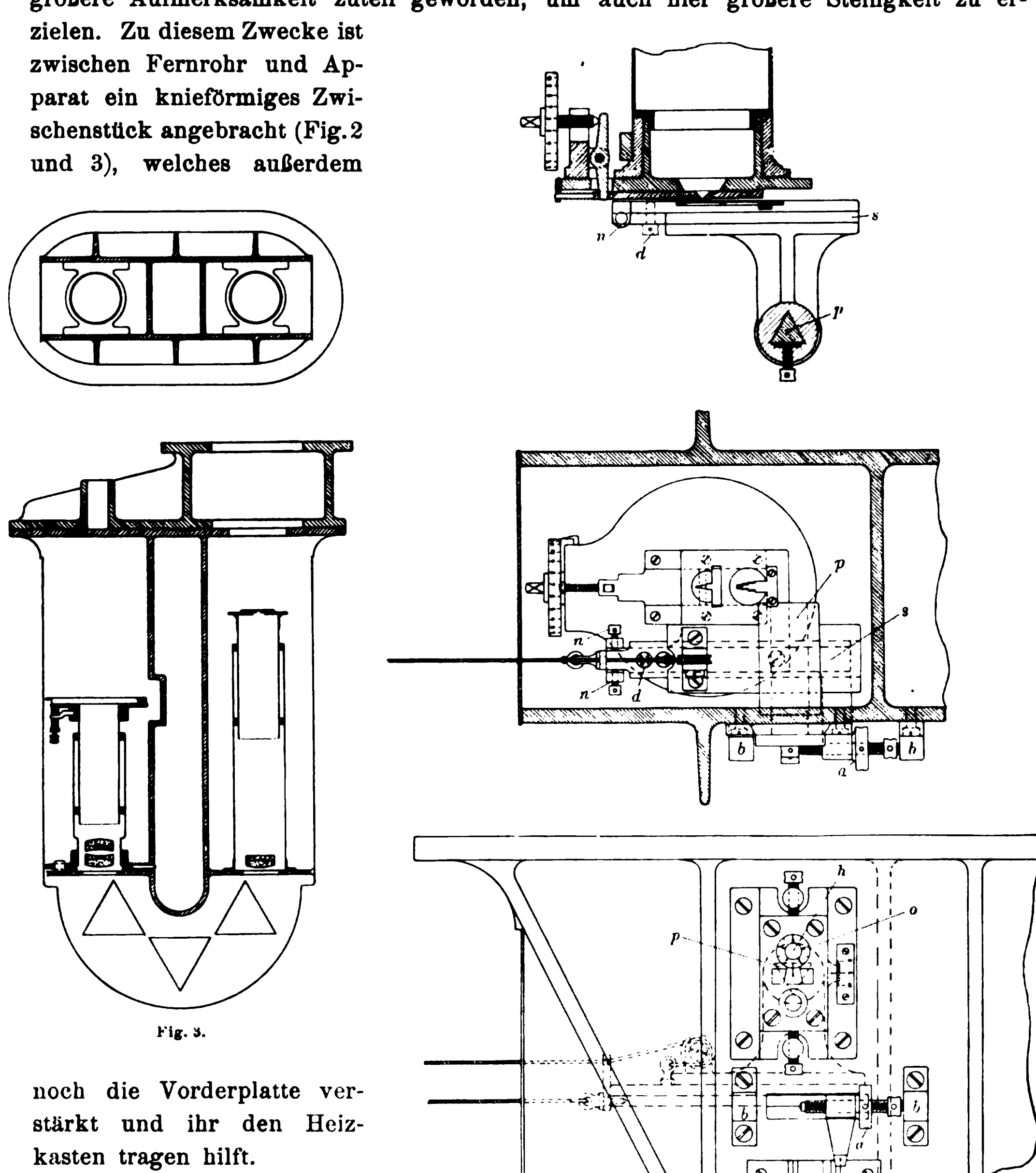


Fig. 3.

Fig. 4.

Alle gegossenen Teile des Instrumentes, namentlich das Gehäuse, das Verbindungsstück, die Lagerungen u. s. w., sind aus einer Aluminiumlegierung hergestellt, die sehr nahe den Ausdehnungskoeffizienten des Messings besitzt, aus dem die Rohre und die übrigen mechanischen Teile des Spektrographen bestehen. Es ist somit dafür gesorgt, daß der Apparat auch in thermischer Beziehung ein soweit als möglich einheitliches System darstellt.

Eine weitere Umgestaltung hat die Spaltblenden-Vorrichtung erfahren, welche bei älteren Apparaten, z. B. dem Spektrographen IV, zu leicht und wenig stabil gebaut und nur mit großen Umständlichkeiten zu berichtigen war. Fig. 4 stellt die Einzelheiten der Spaltblenden-Vorrichtung dar, und zwar ist der obere Teil ein senkrechter Querschnitt der mittleren Ansicht, während der untere Teil der Fig. 4 diejenige Ansicht zeigt, die auch in Fig. 2 angedeutet ist. Die ganze Blendeneinrichtung ist an der in Fig. 1 linken Seite des Gehäuses, vom Kollimator vollständig getrennt, angebracht, sodaß der Kollimator bei der Bewegung der Blende in keiner Weise erschüttert werden kann. Durch eine Verschiebung der zwischen Schienen laufenden Platte *o* (Fig. 4), auf welcher das die Blendeneinrichtung tragende Prisma *p* befestigt ist, läßt sich die Blende dem Spalt nähern oder entfernen. Um die Blende in die richtige Höhe zur Spaltmitte zu bringen, verschiebt man mittels einer mit geteiltem Kopf versehenen Schraube *h* die die Blende tragende Haltevorrichtung längs des Prismas *p*.

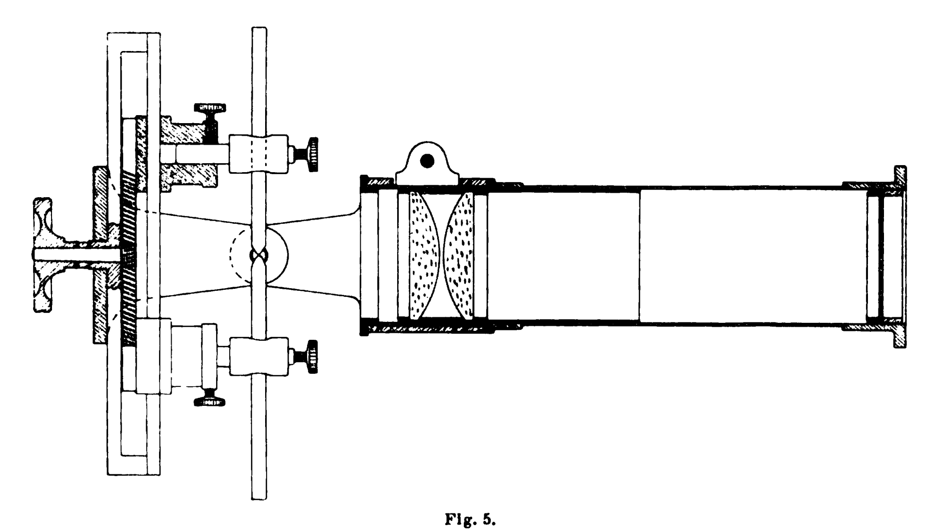


Fig. 5.

Eine weitere Justierung, die bewirkt, daß das Sternspektrum richtig in die Mitte zwischen die zwei Vergleichsspektren zu liegen kommt, kann man durch Drehung der Blende um *d* mittels der zwei Schrauben *n* ausführen. Mittels des Schlittens *s* erfolgt die eigentliche Bewegung der Blende vor dem Spalt; die richtige Stellung der Blende in den zwei Lagen läßt sich mit Hülfe der Schraubenmutter *a* und der beiden Anschläge *b* fixieren.

Die Blendenausschnitte selbst sind bei diesem Spektrographen nicht keilförmig, sondern wieder rechteckig gewählt worden, damit die Linien des Vergleichsspektrums eine rechteckige Form haben und die Messungen nicht systematisch beeinflußt werden können. Der Apparat zur Erzeugung des Vergleichsspektrums (Eisenbogen), der in Fig. 1 und 2 in Verbindung mit dem Spektrographen zu sehen ist, besteht (Fig. 5) aus einem Rohr, welches auf der einen Seite eine Kondensorlinse und auf der anderen eine Mattscheibe einschließt. Das Licht der kleinen Bogenlampe, die sowohl um die Achse des Rohres selbst drehbbar ist, als auch noch um eine dazu senkrechte Achse, wird durch die Kondensorlinse auf der Mattscheibe gleichmäßig verteilt. Dadurch, dass die Bogenlampe drehbar ist, wird vermieden, daß die Lampe selbst in gewissen Lagen des Instrumentes durch den Lichtbogen erhitzt und beschädigt wird.

Sämtliche bewegbaren Teile des Spektrographen sind mit Skalen (mit den Buchstaben *A* bis *N* bezeichnet) versehen, sodaß man die einzelnen Teile, z. B. zur

Reinigung, herausnehmen und ohne weiteres wieder gleich in der richtigen Lage einsetzen kann.

Die Kassetten sind wesentlich größer als bei den älteren Potsdamer Apparaten genommen worden; es können Platten im Format 60×90 *mm* verwendet werden. Das Arbeiten mit größeren Platten ist nicht nur bequemer, sondern man ist auch mehr gegen Verziehung und Verletzung der Schicht während der verschiedenen Manipulationen mit der Platte gesichert.

Die Einstell-Lupe (ein gebrochenes Okular) bleibt dauernd am Spektrographen, da sie soweit von der Kamera absteht, daß die Kassette dazwischen eingeschoben werden kann. Die Lupe ist längs des Spektrums verschiebbar und hat eine Skale, die für Wellenlängen geeicht ist. Statt mit einem Fadenkreuz ist die Einstell-Lupe mit einer kleinen, photographisch hergestellten Skale versehen, durch welche die Justierung der Spaltblenden sehr erleichtert wird.

Bei dem Arbeiten mit dem Spektrographen IV hatte es sich gezeigt, daß man zwar die Prismentemperatur während der Aufnahme mittels der elektrischen Heizung konstant halten kann, daß aber innerhalb des Heizkastens Temperaturschichtungen auftreten, indem nämlich die höher gelagerten Teile des Apparates höhere Temperaturen hatten, als z. B. die Prismen. Es kam dann vor, daß, wenn man von der Beobachtung eines Sternes zu einem anderen in wesentlich abweichender Lage überging, das Prismenthermometer sich sprungweise um mehrere zehntel Grad änderte. Durch eine solche ungleichmäßige Temperaturverteilung im Spektrographen können natürlich Fehler in den Aufnahmen entstehen, deren Größe und Sinn man nicht einmal schätzungsweise kennt, sodaß ein Element der Unsicherheit in die Messungen kommt.

Bei dem Spektrographen IV war nun früher zwischen der Heizeinrichtung und dem Apparat ein merklicher, nur durch Luft erfüllter Zwischenraum, sodaß solche Schichtungen besonders leicht entstehen konnten. Ich habe daher jetzt bei diesem wie auch bei dem hier beschriebenen Spektrographen den Zwischenraum durch eine starke Wattepolsterung, welche den eigentlichen Apparat völlig umkleidet, verkleinert. Die an dem neuen Spektrographen gemachten, allerdings wenig zahlreichen Temperaturbeobachtungen zeigen nach dieser Umänderung gerade das Gegenteil der früheren Beobachtungen; es ist nämlich jetzt die Temperatur des Prismenraumes immer höher, als die in der Nähe der Kassette (im Mittel ist zu Anfang der Belichtung die Differenz der beiden Thermometer $+0{,}35^0$ C. und zwei Stunden später, am Ende, $+0{,}55^0$ C.).

Das dürfte dadurch zu erklären sein, daß nun die Wärmeabgabe des oberen, nicht geheizten Teiles des Spektrographen (Kopfplatte und Knie zur Befestigung am Fernrohr) größer ist, als die Wärmeeinnahme durch die Watteschicht hindurch. Man wird daher durch Verringerung der Wattedicke jedenfalls eine richtige Abstimmung finden können. Zu aller Vorsicht ist aber noch ein kleines mit Elektromotor betriebenes Gebläse vorhanden, welches durch zwei starke Gummirohre mit dem Heizkasten so verbunden wird, daß nach Einschaltung des Motors ein *geschlossener* Luftstrom um den ganzen Spektrographen herum und durch das Gebläse zirkuliert, sodaß Schichtungen nicht auftreten können. Man wird auf diese Weise auch vor Beginn der Beobachtungen den Apparat in allen seinen Teilen auf eine gleichmäßige Temperatur bringen können, falls schon etwa zu Beginn Temperaturschichtungen vorhanden sein sollten, was ich häufig beobachtet habe. Im übrigen weicht die Heizeinrichtung nicht weiter von der üblichen ab.

Prüfung des Spektrographen.

Die Prüfung des optischen Teiles des beschriebenen Spektrographen habe ich auf folgende Art durchgeführt. Zunächst wurde jedes Prisma einzeln auf dem großen Spektrometer des Observatoriums auf Ebenheit der Flächen und Homogenität des Glases untersucht, und dann wurden noch einige Stellen des Sonnenspektrums beobachtet, welche sich durch das Vorhandensein feiner, enger Liniengruppen besonders für solche Prüfungen eignen. Die Prismen erwiesen sich danach als in jeder Hinsicht gut.

Das als Kameraobjektiv benutzte Zeisssche Apochromat-Planar ($F = 206$ *mm*, $O = 35$ *mm*) habe ich für gelbes, achsial einfallendes Licht (Gelbscheibe, Erythrosinplatte) extrafokal untersucht und für die von der Objektivmitte aus gemessenen Zonen die nachstehenden mäßigen Fehler gefunden, sodaß das Objektiv für Spektrographen verwendet werden kann.

Zone *mm*	Fehler *mm*
3	— 0,10
5	— 0,12
7	— 0,05
8	+ 0,05
9	— 0,02
10	— 0,02
11	+ 0,08
13	+ 0,05
14	+ 0,13
15	+ 0,11
16,5	— 0,08

Die Untersuchung des Kollimatorobjektivs (astronomisches Objektiv) ist auf anderem Wege vorgenommen worden. Der Kollimator mit Spalt und Objektiv wurde aus dem Spektrographen herausgenommen und so vor dem eine sehr viel größere Brennweite (3,4 *m*) besitzenden Pointierfernrohr des photographischen Refraktors aufgestellt, daß die optischen Achsen beider Fernrohre zusammenfielen. Das Pointierfernrohr ist auf unendliche Entfernung eingestellt, und sieht man mit ihm durch das Kollimatorobjektiv hindurch nach dem durch eine Petroleumflamme erleuchteten, weitgeöffneten Spalt, so wird dieser nur dann scharf erscheinen, wenn er genau im Brennpunkt der fehlerfreien Kollimatorlinse steht. Eine kleine Verschiebung des Spaltes aus seiner richtigen Lage gegen das Kollimatorobjektiv macht sich sofort durch ein starkes Unschärferwerden der Spaltränder kenntlich. Bei der hier ausgeführten Untersuchung war z. B. bereits eine Verschiebung von 0,1 *mm* ($= F/3500$) bemerkbar. Durch Ausziehen oder Einschieben des Spaltkopfes kann man also die richtige Lage sehr sicher finden.

Dieses einfache und empfindliche Verfahren[1]) dient aber nicht nur dazu, den Spalt in den Brennpunkt der Kollimatorlinse zu setzen, sondern auch noch dazu, ein Urteil über die Fehler dieser Linse zu bekommen. Besitzt nämlich letztere Fehler, so wird man bei *keiner* Skaleneinstellung ein scharfes Bild des Spaltes sehen, auch wird mehr oder weniger diffuses Licht sichtbar werden, während bei fehlerfreier Linse der weitgeöffnete Spalt als scharf begrenztes Rechteck erscheint, das

[1]) Hartmann, *Eders Jahrb. f. Photogr. u. Reproduktionstechnik* **16.** *S. 152. 1902.*

sich deutlich vom dunklen Hintergrund abhebt. Das vorliegende Kollimatorobjektiv ergab sich nach dieser Prüfung als fehlerfrei.

Der gleiche Versuch wurde nun mit der aus dem Spektrographen herausgenommenen Kamera gemacht, nachdem in die Kassette an Stelle der photographischen Platte eine mit einer scharfbegrenzten Öffnung versehene Metallplatte eingesetzt war, welche wiederum durch eine Petroleumflamme erleuchtet wurde. Das jetzt im Pointierfernrohr erscheinende Bild der Öffnung besaß nicht ganz die vollkommene Schärfe, die der durch die Kollimatorlinse hindurch betrachtete Spalt hatte; auch war etwas diffuses Licht vorhanden, sodaß das Objektiv zweifellos Fehler besitzt. Trotzdem war aber die Einstellung auf beste Schärfe des Bildes mit sehr großer Sicherheit (ebenfalls 0,1 *mm*) möglich; die Fehler sind also nur klein, und die fehlerhaften Stellen des Kameraobjektives können nur einen sehr geringen Flächeninhalt besitzen. Die oben mitgeteilten Zahlen der extrafokalen Prüfung bestätigen diesen Befund.

Dieses hier geschilderte Prüfungsverfahren ist immer da zu empfehlen, wo man die Fehler der Objektive nicht zahlenmäßig zu ermitteln braucht.

Nach diesen Prüfungen wurde der Spektrograph wieder zusammengesetzt, die beiden Fernrohre richtig auf die oben gefundenen Punkte eingestellt und ein Spektrum photographiert. Ist das so erhaltene Spektrum völlig scharf, so haben die Prismen keinerlei fokale Eigenschaften. In der Tat war das Spektrum bei der Einstellung der Kamera auf 14,1 der Skale am besten, und dies war gerade die Einstellung der Kamera allein auf größte Schärfe des Bildes bei den mit dem Pointierfernrohr vorgenommenen Versuchen. Die Prismen zeigten also auch, wenn man sie alle drei hintereinander schaltet, keine Fehler.

Es war nun noch die Form und Lage der Bildfläche zu bestimmen, damit bekannt wurde, ein wie großes Stück des Spektrums für die Messungen verwertbar ist, und welche Neigung man der Kassette geben muß, um ein möglichst großes Stück des Spektrums scharf zu erhalten. Ich habe zu diesem Zweck für eine Reihe von Einstellungen der Kamera Spektralaufnahmen gemacht und in diesen die schärfste Stelle herausgesucht. Die Einstellungen wurden dann als Ordinaten in Millimeterpapier eingezeichnet, die Wellenlängen der gefundenen schärfsten Stellen als Abszissen, und durch die so erhaltenen Punkte wurde eine Kurve gelegt. Es ergaben sich aus derselben folgende, also bereits graphisch ausgeglichene Werte:

λ	Skale	
	fokal	extrafokal
$\mu\mu$	*mm*	*mm*
438	12,9	
453	13,8	
464	14,0	
482	14,1	
509	14,1	14,0
520	14,1	14,1
540	14,1	14,1
590	14,1	
613	14,0	
650	13,9	
709	13,8	
729	13,7	

Diese Werte zeigen, daß für die Strecke von λ 4600 bis zu λ 7000 das Bildfeld als genügend eben betrachtet werden kann und außerdem eine Neigung der Kassette nicht nötig ist. Eine extrafokale Bestimmung des Fokus ergab übrigens für die Mitte der Platte völlig identische Werte. Für andere Teile der Platte ist die extrafokale Methode nicht anwendbar, da das Kamera-Objektiv zu stark vignettiert.

Für die Umwandlung der Schraubenablesungen s ($1^R = 0,5\ mm$) in Wellenlängen λ (in Å.E. ausgedrückt) bei der Messung von Aufnahmen ergab sich für + 12° C. folgende von Dr. Münch und mir berechnete, mit großer Annäherung gültige Formel:

$$\lambda = 3416,00 + \left(\frac{[4,5587353\ n]}{s - 108,430}\right)^{\frac{1}{0,8}}.$$

Von besonderem Interesse war es noch, zu prüfen, inwieweit durch die von Vogel gewählte Form und mechanische Ausführung des oben beschriebenen Spektrographen die beabsichtigte Freiheit von Biegung erzielt worden ist. Vier, unter wenig günstigen Umständen vorgenommene Bestimmungen ergaben in einer in gleicher Weise wie auf *S. 36* vorgenommenen Untersuchung eine Verschiebung von rund 0,0030 *mm* in dem Wellenlängenbezirk λ 4872 bis λ 5227, also nur wenig mehr, als der neue Lick-Spektrograph in Chile (0,0025 *mm*) hat. Obige Zahl würde für λ 5000 rund 7 *km* entsprechen. Man kann daher sagen, daß in der Tat durch die neue Form ein sehr befriedigendes Resultat erhalten worden ist, und daß bei diesem Spektrographen Fehler durch die Biegung von irgendwelcher Bedeutung nicht zu erwarten sind.

Potsdam, Astrophysikalisches Observatorium, im Februar 1910.

Ein heizbares Quecksilbermanometer für Drucke bis 100 *mm*.

Von

Karl Scheel und Wilhelm Heuse.

(Mitteilung aus der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt.)

In einer früheren Mitteilung[1]) hatten wir zwei Quecksilbermanometer für die Bereiche 0,1 bis 5 *mm*, bezw. 5 bis 30 *mm* beschrieben, zu deren Konstruktion wir gelegentlich der Bestimmung des Sättigungsdruckes von Wasserdampf geführt waren.

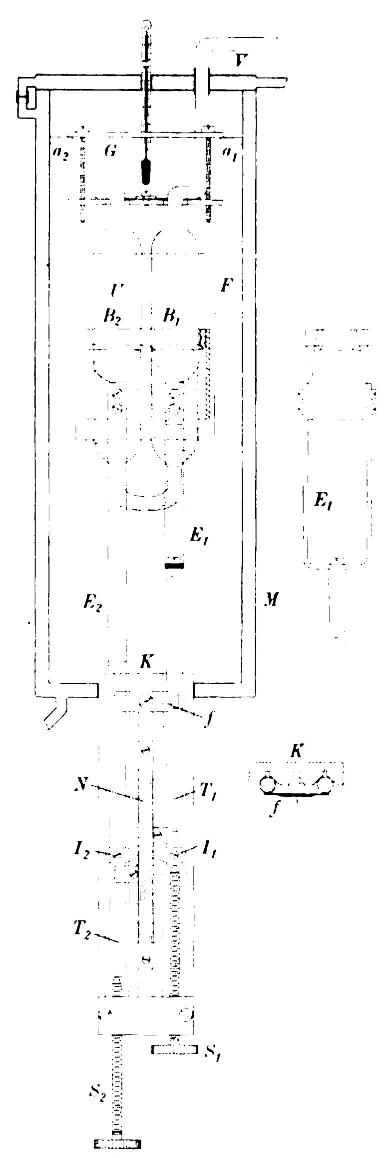
Bei der Fortsetzung dieser Versuche in einem höheren Temperatur- und Druckbereich stellte sich das Bedürfnis nach einem heizbaren Manometer zur Messung von Drucken bis nahe 100 *mm* heraus, welches im folgenden beschrieben werden soll.

Das Manometer (s. die Figur) besteht aus einem U-förmigen Rohr *U* von etwa 25 *mm* Weite, dessen geschlossener linker Schenkel luftfrei ist, und dessen rechter Schenkel durch das Rohr *V* mit dem Rezipienten in Verbindung steht. Das Manometerrohr hängt in einem justierbaren Gehänge *G* an den Vorsprüngen a_1 a_2 eines mit Fenstern *F* versehenen, doppelwandigen Metallkastens *M* von rechteckigem Querschnitt im Innern desselben. Das Verbindungsrohr *V* zum Rezipienten ist durch den gleichfalls doppelwandigen Deckel des Metallkastens in einer Hülse hindurchgeführt.

Die Heizung des Manometers findet in der Weise statt, daß durch den Mantel und Deckel der Dampf von siedendem Azeton geleitet wird. Zur Ermittelung der Temperatur im Innern des Metallkastens, deren Kenntnis zur Reduktion der Höhe

[1]) K. Scheel und W. Heuse, *diese Zeitschr.* **29.** *S. 344. 1909.*

der Quecksilbersäule im Manometer auf 0° nötig ist, dient ein eingehängtes Thermometer; die Temperatur ist übrigens der Siedetemperatur des Azetons (56° bis 57°) stets nahe gleich und beliebig lange Zeit konstant, was gegenüber den in geheizten Zimmern aufgestellten Manometern ein erheblicher Vorteil ist.



Die Einstellung auf die Quecksilberkuppen erfolgt mit Hülfe von Visieren B_1 und B_2, welche ringförmig die Manometerschenkel nahe umgeben, ohne sie jedoch zu berühren. Die Visiere werden in gabelförmigen Haltern E_1 und E_2 von Stangen T_1 und T_2, die durch den Boden des Heizkastens nach außen führen, getragen und durch an die Stangen angreifende Transportschrauben S_1 und S_2 in der Höhe verschoben. Die Stangen T_1 und T_2 gleiten in sorgfältig ausgeschliffenen, einander parallelen Nuten des Metallklotzes K; sie werden durch Federn f in die Nuten eingedrückt, sodaß sie mit mäßiger Reibung in den Nuten gleiten und sich stets durch ihr Eigengewicht auf die Transportschrauben S_1 und S_2 auflegen. Mit den Stangen sind die Strichindizes I_1 und I_2 verbunden, welche neben einer Teilung N gleiten und den Höhenunterschied der beiden Visiere und damit der Quecksilberkuppen festzustellen gestatten.

Die Skale und die Stangen sind aus Kruppschem Nickelstahl (Ausdehnung $2{,}5 \cdot 10^{-6}$ für 1°) verfertigt. Die Stangen befinden sich oben auf der Manometer-, unten auf Zimmertemperatur; in der Mitte findet ein Abfall von der einen zur anderen Temperatur statt. Verschiebt man eine Stange in der Höhe, so bleibt das Gebiet des Temperaturabfalles bezogen auf die Lage zum Heizkasten bestehen und ändert nur seinen Ort auf der Stange selbst; der wegen Wärmeausdehnung der Stange in Rechnung zu ziehende Betrag ist also derselbe, wie wenn ein Stück der Stange, gleich der Länge der Verschiebung, von Zimmer- auf Manometertemperatur gebracht wäre oder umgekehrt, im übrigen aber die Stange ihre Temperatur und damit ihre Länge nicht geändert hätte. Die von der Wärmeausdehnung der Stangen herrührende Korrektion beträgt bei 100 *mm* Druck etwa + 0,01 *mm*.

Durch die Verlegung der eigentlichen Messung nach außen, an einen Ort von Zimmertemperatur, wurde eine Meßgenauigkeit von etwa ± 0,005 *mm* erreicht, was bei kathetometrischem Anvisieren der Kuppen durch die von Azeton benetzten Fenster hindurch nicht möglich gewesen wäre. Eine Einstellung der Visiere auf das Auftreten eines Lichtscheines zwischen ihnen und den Quecksilberkuppen war trotz der — übrigens ziemlich gleichmäßigen — Benetzung sehr wohl möglich.

Als Beispiel mögen Messungen des Sättigungsdruckes des Wasserdampfes in der Nähe von 20° mit dem beschriebenen Manometer, das als Nr. 4 bezeichnet wird, im

Vergleich mit übergreifenden Messungen desselben Sättigungsdruckes mit dem früher (*a. a. O. S. 347*) beschriebenen, ungeheizten, hier Nr. 3 benannten Manometer angeführt werden.

Manometer Nr.	Temperatur °C.	Sättigungsdruck *mm*	Reduktion auf 20° C. *mm*	Auf 20° reduzierter Druck *mm*	Abweichung vom Mittel in 0,001 *mm*
1	2	3	4	5	6
3	17,889	15,384	+ 2,167	17,551	+ 9
4	18,903	16,377	+ 1,157	17,534	— 8
3	19,049	16,536	+ 1,006	17,542	0
3	19,923	17,457	+ 0,085	17,542	0
4	19,959	17,499	+ 0,045	17,544	+ 2
3	20,277	17,846	— 0,305	17,541	— 1
3	21,067	18,734	— 1,193	17,541	— 1
4	21,830	19,640	— 2,091	17,549	+ 7
3	22,222	20,101	— 2,565	17,536	— 6

Die bei den verschiedenen Temperaturen beobachteten Sättigungsdrucke sind mit den in der 4. Spalte vorstehender Tabelle aufgeführten Werten, die aus der Gesamtheit unserer Beobachtungen über den Sättigungsdruck des Wasserdampfes[1]) abgeleitet sind, auf einen bei 20° herrschenden Sättigungsdruck (vgl. die 5. Spalte) reduziert. Die in der 6. Spalte aufgeführten Abweichungen vom Mittelwert 17,542 *mm* ergeben für die beiden Manometer keine systematischen Unterschiede.

Hrn. Prof. Dr. Göpel schulden wir für seine Hülfe bei der Konstruktion des Manometers unseren besonderen Dank.

Charlottenburg, im Januar 1910.

Zur Anwendung des Stangenplanimeters.

Von
E. Hammer in Stuttgart.

Der Erfinder des Stangenplanimeters (besser „Beilplanimeters," vgl. *diese Zeitschr. 29. S. 318. 1909*), Oberst H. Prytz in Kopenhagen, hat vor kurzem eine neue Theorie des Instruments in den *Engineering News* (*New York*) *1907. S. 386* veröffentlicht. Er hat daselbst angeregt, zwischen die Beilschneide und das unterliegende Blatt Zeichenpapier ein Blatt Kohlepapier einzuschalten, wodurch die von der Schneide beschriebene Traktorie sichtbar gemacht und das Ergebnis einer einzigen Umfahrung der zu bestimmenden Fläche u. U. wesentlich verschärft werden kann; und zwar auch dann, wenn die Umfahrung nicht in einem Punkt nahe beim Schwerpunkt beginnt und endigt, vielmehr in einem beliebigen Punkt des Umfangs der Fläche, wobei dann bekanntlich als Anfangsstellung des Beilplanimeters stets die *Tangente* an diesen Umfang im Anfangspunkt der Umfahrung zu wählen ist. Hr. Prytz teilte mir im Zusammenhang damit noch einige Bemerkungen mit, von denen ich auf seinen Wunsch hier folgende zwei erwähne.

1. Techniker, die einen guten Blick für Flächengleichheit einfacher Figuren haben, wenden das Instrument zur Flächenbestimmung von F vielleicht am ein-

[1]) Über die Beobachtungen selbst wird demnächst in den Annalen der Physik berichtet.

fachsten folgendermaßen an: Die Umfahrung beginnt in A, d. h. Anfangsstellung des *Fahrstiftes* ist A, also Anfangslage der *Stange* AA_1, die Tangente in A (Fig. 1). Bei der Fahrt des Fahrstifts von A über B und C nach A zurück beschreibt die Schneide die Traktorie $A_1 B_1 C_1 A_2$, die durch das zwischengeschaltete Kohlepapier auf der Unterlage sichtbar wird (wenn auf der Fläche von F selbst die Traktorie erscheinen darf, so hätte hier natürlich die Rolle mit scharfem Rand und Farbkissen den Vorteil der Einfachheit gegen die scharfe Schneide der ursprünglichen Form des Instruments). Die Fläche F ist nun, wenn der Bogen $A_1 A_2 = l$ ist, genähert

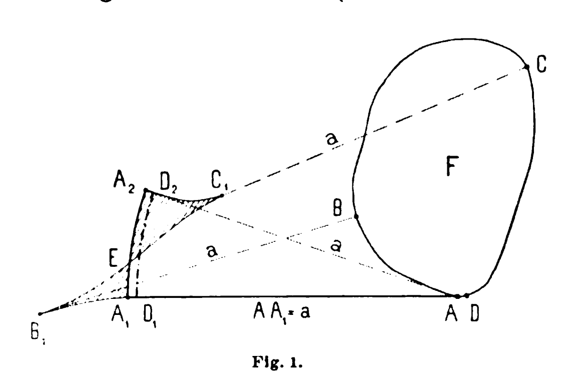


Fig. 1.

$$F = a \cdot l. \qquad 1)$$

Die Näherung 1) wäre viel genauer, wenn der Bogen $A_1 A_2$ (Mittelpunkt A, Halbmesser a) die Traktorienfläche $A_1 B_1 C_1 A_2$ halbieren würde, d. h. die Flächen $A_1 P_* E$ und $E\ C_1 A_2$ einander gleich wären. *Wendet man* also, nachdem die Schneide in A_2 angekommen ist, das Instrument *um*, d. h. hält die Schneide in der Nähe von A fest, sodaß der Fahrstift genähert einen Kreisbogen beschreibt, und sucht einen Punkt D nahe bei A für die Schneide derart auf, daß der vom Fahrstift beschriebene Bogen nach Augenmaß diese Ausgleichung zwischen positivem und negativem Stück der Traktorienfläche bildet, z. B. in dem Bogen $D_1 D_2$, so ist, wenn die Länge des Kreisbogens $D_1 D_2 = l'$ ist,

$$F = a \cdot l'. \qquad 2)$$

Der Flächenfehler der Gl. 1) ist damit ebenfalls sichtbar gemacht; er ist gleich dem Betrag der Fläche $A_1 A_2 D_2 D_1$. Wenn wie im Fall der vorstehenden Fig. 1 die Traktorie ungefähr die Gestalt eines **Z** hat, sodaß nur *ein* positives und *ein* negatives Traktorienflächenstück vorhanden ist, so ist dieses Verfahren ganz bequem. Aber auch bei weniger einfachen Traktorienformen ist es, wie mich einige Versuche überzeugt haben, noch ganz gut verwendbar; und das Verfahren ist jedenfalls noch einfacher, als wenn man die Umfahrung von F mit um 180° gedrehter Figur wiederholen muß. Man hat freilich bei dieser einfachsten und raschesten Bestimmung von F durch *eine* Umfahrung, die zudem in einem Punkt des *Umfangs* von F beginnen kann, keine Kontrolle; will man diese nicht entbehren, so ist zu raten, es bei der bisherigen doppelten Umfahrung zu belassen, die zweite nach Wendung um 180° und mit Beginn jeder Umfahrung auf einer nahezu vom Schwerpunkt zu einem Punkt des Umfangs führenden Geraden, die zum Schluß wieder zurück befahren wird. Bequem ist bei der oben angegebenen neuen Methode aber auch, daß man den bei der einen, im Umfang begonnenen Umfahrung begangenen Flächenfehler sich so einfach graphisch vor Augen führen kann. Das Kohlepapier darf während der Umfahrung gedreht werden, wenn sich zeigt, daß die Schneide darüber hinauszugehen droht.

2. Die Anwendung des Prytzschen Planimeters auf die Bestimmung der Mittelhöhe (Mittelordinate) einer auf bestimmter geradliniger Basis stehenden Fläche, wie sie z. B. bei Schieberdiagrammen, ferner bei meteorologischen und vielen anderen Diagrammen vorkommt, ist bisher nicht angegeben worden. Man findet sie wohl am einfachsten auf folgende Art:

BEC sei die über der Strecke BC gezeichnete Fläche F (Fig. 2), deren Mittelhöhe h zu bestimmen ist, sodaß also

$$\overline{BC} \cdot h = F \qquad 3)$$

ist. Es seien bei der bisher üblichen Art der Anwendung des Instruments zur Flächenermittlung $A A_1$ und $A A_2$ Anfangs- und Endlage der Stange, indem der Fahrstift von A aus, dem Augenmaß-Flächenschwerpunkt, auf dem Weg $ADBECDA$ wieder nach A zurückgeführt ist; die Beilschneide sei also dabei von ihrer Anfangsstellung A_1 aus nach Umfahrung der Traktorie nach dem Endpunkt A_2 gelangt, sodaß sehr genähert

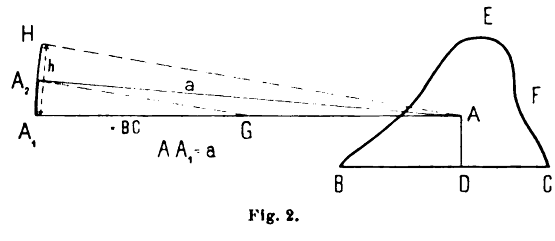


Fig. 2.

$$F = a \cdot \overline{A_1 A_2} \qquad 4)$$

ist. Macht man die Strecke $A_1 G$ auf der Anfangslage der Stange, die also durch Verbindung der Punkte A und A_1 (eingedrücktes Zeichen) auf der Ebene von F herzustellen ist, gleich der Länge der Grundlinie BC von F, zieht $A_2 G$ und durch A mit $A_2 G$ die Parallele AH, so ist

$$h = \overline{A_1 H}. \qquad 5)$$

Denn es ist aus den nahe ähnlichen Dreiecken oder besser Sektoren $A A_1 H$ und $G A_1 A_2$

$$\overline{A_1 H} = \frac{\overline{A_1 A_2} \cdot a}{\overline{BC}} = \frac{F}{\overline{BC}}, \qquad 6)$$

also gemäß Gl. 3)

$$\overline{A_1 H} = h, \qquad 7)$$

wie in Gl. 5) behauptet ist.

Referate.

Sonnenuhr für mittlere Zeit.

Von Landmesser Schiller. *Zeitschr. f. Vermess.* ***38.*** *S. 425. 1909.*

Die Sonnenuhr wurde in Lüderitzbucht in Deutsch-Südwestafrika aufgestellt; sie sollte unmittelbar mittlere Zeit des 15. Längengrades östlich von Greenwich angeben. Über eine von R. Cozza angegebene Sonnenuhr für mittlere Zeit ist bereits in *dieser Zeitschr.* ***23.*** *S. 375. 1903* berichtet worden. Die von Hrn. Schiller (Dortmund) angegebene Sonnenuhr ermöglicht die Ablesung der mittleren Zeit am Ort eines von der Sonne entworfenen Bildchens einer kreisförmigen Öffnung nach demselben Grundprinzip wie die Cozzasche. Auf dem Zifferblatt wird auf der einer bestimmten Sonnendeklination entsprechenden Spurlinie des Sonnenbildes die Zeitskale gegen die Lage bei der gewöhnlichen, wahre Ortszeit anzeigenden Sonnenuhr um diejenige Zeitgleichung verschoben, die dieser Sonnendeklination entspricht; eventuell kommt noch die Verschiebung um die Zeitdifferenz zwischen dem Ortsmeridian und dem 15. Meridian hinzu. Da aber zu demselben Wert der Sonnendeklination vor und nach der Sonnenwende zwei verschiedene Werte der Zeitgleichung gehören, sind zwei derartige Zifferblätter nötig, von denen das eine für das Halbjahr vom 21. Juni bis zum 21. Dezember, das andere für das andere Halbjahr gilt.

Der Unterschied zwischen beiden Sonnenuhren besteht darin, daß Cozza ein zylindrisches Zifferblatt wählt, dessen die Lichtmarke tragende Achse zur Erdachse parallel gestellt wird, während Schillers Zifferblatt eine auf der Meridianebene senkrechte Ebene ist. Die

Konstruktion des Zifferblatts wird für zwei Fälle angegeben: I. Ebene horizontal, II. Ebene parallel zur Erdachse. Die Cozzasche Lösung ist die glücklichere, da für sie die Linien gleicher mittlerer Zeit alle kongruent sind, sodaß nur eine von ihnen konstruiert zu werden braucht, und der Zeitmaßstab auf allen Linien gleicher Sonnendeklination homogen und kongruent ist. Auf dem Schillerschen Zifferblatt dagegen sind — der gnomonischen Projektionsart entsprechend — die Linien gleicher mittlerer Zeit nicht kongruent; es muß eine größere Anzahl von ihnen punktweise konstruiert werden, und die Zeitmaßstäbe auf den einzelnen Linien gleicher Sonnendeklinationen sind inhomogen und voneinander verschieden. Die Linien gleicher Sonnendeklination selbst sind bei der Cozzaschen Uhr Zylinderkreise, bei der Schillerschen im allgemeinen Hyperbeln (auf hohen geographischen Breiten treten auch Ellipsen und eine Übergangsparabel auf). Die Konstruktion des Zifferblatts wird also bei Cozza viel einfacher. Ein weiterer Vorteil der zylindrischen Sonnenuhren ist der, daß sie sich auf kleinem Raum bei überall gleichbleibender Genauigkeit des Zifferblatts für ein Zeitintervall von 12 Stunden einrichten lassen, was mit einem ebenen Zifferblatt nicht angeht. Hr. Schiller hat sein Zifferblatt nur von 11 Uhr vormittags bis 1 Uhr nachmittags ausgedehnt. Hierdurch ist allerdings das Stellen von mechanischen Uhren nach der Sonnenuhr ermöglicht, wenn eben zwischen 11 und 1 Uhr die Sonne scheint. Eine zylindrische Sonnenuhr hätte mit geringerem Aufwand mehr geleistet, indem sie während der Zeit von 6 Uhr früh bis 6 Uhr abends Gelegenheit zu Uhrvergleichungen geboten hätte.

Ein Nachteil, der jeder Sonnenuhr für mittlere Zeit anhaftet, besteht darin, daß um die Zeit der Sonnenwenden sich die Zeitgleichung im Vergleich zur Sonnendeklination sehr rasch ändert; der Winkel zwischen den Linien gleicher mittlerer Zeit und der Bahn des Sonnenbildchens wird spitz (theoretisch sogar gleich 0°) und die Ablesung der mittleren Zeit recht ungenau. Eine Sonnenuhr für wahre Zeit mit beigefügter Zeitgleichungstabelle (vgl. z. B. die vom Referenten in *dieser Zeitschr.* **23.** *S. 207. 1903* beschriebene zylindrische Sonnenuhr) liefert für diese Jahresteile größere Ablesungsgenauigkeit. Hr. Schiller zieht, um dieser Schwierigkeit zu begegnen, die Zeitgleichen in der Umgebung der Sonnenwendlinien für je $^1/_2$ Monat vor und nach der Sonnenwende geradlinig aus. Bei der Lüderitzbuchter Uhr ging dadurch in diesem Jahressechstel die Unsicherheit der Ablesung bis zu $1^3/_4$ Minuten, während in andern Teilen des Zifferblatts bei gutem Sonnenschein verschiedene Beobachter den Moment des Durchgangs des Sonnenbildchens durch eine Zeitgleiche nur bis zu 7 Sekunden verschieden angaben, und der Maximalfehler gegen astronomische Zeitbestimmungen 25 Sekunden betrug.

Der Abstand der bilderzeugenden Öffnung vom Zifferblatt betrug bei der Schillerschen Sonnenuhr 30 *cm*, bei der Cozzaschen, die in Macerata in Italien aufgestellt wurde, 23 *cm*. Da bei letzterer der Zeitmaßstab überall homogen und gleich ist, konnte ihr ein Nonius beigegeben werden, der trotz der geringeren Dimensionen und der Ausdehnung des Zifferblattes auf 12 Stunden eine Ablesung von Zehntelminuten ermöglichte. Vorschriften zu richtiger Aufstellung der Schillerschen Sonnenuhr bezw. zur Korrektion des Zifferblatts, wenn die gewollte Lage des Zifferblatts nicht erreicht wurde, sind in der Arbeit angegeben.

Prof. H. Maurer.

Neuere Rechenhülfsmittel.

Nach den Instrumenten und mehreren Publikationen.

Von neuen *Rechenmaschinen* ist die „Mercedes“ von Chr. Hamann in Friedenau bei Berlin von A. Haerpfer in *dieser Zeitschr.* **29.** *S. 372. 1909* besprochen worden. Über desselben Mechanikers auf einem ganz neuen Prinzip beruhende Maschine „Euklid“ steht eine Beschreibung in dieser Zeitschrift bevor. Die Maschine zeigt mehrere wesentliche Fortschritte und wird sich in der Praxis besonders für diejenigen nützlich zeigen, die mit ihrer Rechenmaschine viel dividieren wollen (vgl. unten die Tafel von Lohse); statt des bei andern Maschinen, z. B. der Burkhardtschen, ertönenden Glockenzeichens, wenn der Rechnende die Division zu weit fortsetzen will, wird hier in diesem Fall die Kurbeldrehung durch eine

Hemmung vollständig unmöglich, sodaß das Dividieren viel weniger Aufmerksamkeit erfordert, als bei anderen Maschinen.

Die auf der Odhnerschen Konstruktion (1890) beruhenden Maschinen sind in Deutschland bis jetzt unter den Namen „Brunsviga" (Grimme, Natalis & Co. in Braunschweig) und „Berolina" (Schuster in Berlin) verbreitet worden; die „Berolina" ist jetzt auch mit zwei Zählwerken ausgerüstet als „Duplikator" zu haben. Eine neue Maschine, die ebenfalls die Odhnersche Konstruktion zugrunde legt, ist vor kurzem als „Triumphator" von F. Schrey in Berlin in den Handel gebracht worden. Sie ist besprochen von O. Eggert in der *Zeitschr. f. Vermess.* ***38.*** *S. 809. 1909.* Die wichtigste Neuerung ist die Einrichtung des Umdrehungszählers; auch hier ist, wie bei allen „Duplex" und ähnlich benannten Maschinen (zuerst bei Küttner 1896), an die Stelle des einfachen Umdrehungszählers ein Zählwerk getreten, sodaß die bei andern Maschinen beim Multiplizieren durch *Links*-Drehen der Kurbel erforderliche Ausrechnung der dekadischen Ergänzung des Multiplikators hier wegfällt, vielmehr einfach für jede Multiplikatorziffer die Kurbel rechts *oder* links so lange zu drehen ist, bis die Ziffer im Schauloch erscheint. Die Division mit der Maschine ist aber nicht bequemer als mit den bisherigen. Bequem hat Eggert die auf Schienen gleitenden Kommazeichen für Schaltwerk, Zählwerk und Umdrehungszähler gefunden. Der allen Maschinen Odhnerscher Einrichtung gemeinschaftliche Mangel des schweren Gangs, besonders bei Einstellung des Schaltwerks auf große Zahlen, sei aber geblieben; ebenso hat der Ref. stets das starke *Geräusch* beim Rechnen mit diesen Maschinen als lästig empfunden. Die Maschine zeigt ferner auch den Mangel, daß keine zwangsläufige Führung der Zählwerksglieder vorhanden ist; nach Abschwächung der Spannung der Federn, die die hemmenden Anker festhalten, sind also Rechenfehler bei dieser Maschine, ebenso wie bei der Brunsviga, nicht absolut ausgeschlossen.

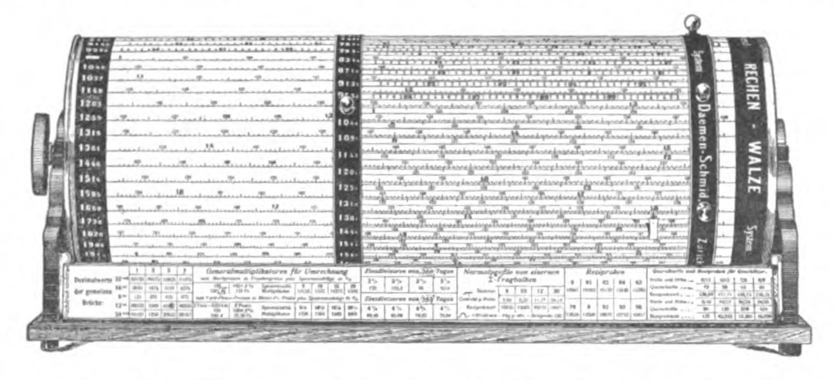
Von Hülfsmitteln, die mit einer Rechenmaschine *zusammen* zu gebrauchen sind, seien hier genannt: O. Lohse, „Tafeln für numerisches Rechnen mit Maschinen" (Lex. 8°. VI, 123 S. Leipzig, W. Engelmann 1909. 12 M.; geb. in Leinw. 13,50 M.). Der Verf. sagt, man habe bisher die auf dem Prinzip der Additionsmaschine beruhende Rechenmaschine in zwei Fällen wenig verwendet: 1. zur Division, die nur umständlich durchzuführen sei, und 2. wenn trigonometrische Funktionen in Betracht kommen, da es an geeigneten Tafeln dafür gefehlt habe. Das Werk des Verf. enthält denn auch als die zwei wichtigsten Bestandteile: 1. eine Reziprokentafel, die die rasche Umsetzung von Faktoren im Nenner eines Bruchausdrucks in Zählerfaktoren ermöglicht, und 2. eine Tafel der sechs natürlichen trigonometrischen Zahlen. In der ersten Tafel (12 S.) sind die Reziproken $1/a$ der Zahlen a bis zu $a = 5000$ mit 5 Ziffern angegeben; auch die trigonometrische Tafel II gibt 5 Dezimalen bei dem Argumentintervall 0,01°. (Der alte Grad ist beibehalten und wird dezimal geteilt; der Ref. kann dieser Kreisteilungsweise, obwohl sie in der Physik und Astronomie noch etwas an Boden gewinnt, nicht zustimmen. Sie sollte auch auf dem Titel jedes Tabellenwerks, das sie gebraucht, angegeben sein!) Die weitern Tafeln sind eine kurze Quadrattafel und eine umfangreiche, gut eingerichtete Quadratwurzeltafel. Im Anhang sind noch einige weitere Hülfstafeln und verschiedene Formeln zusammengestellt. Der Ref. bezweifelt nicht, daß das schön ausgestattete Werk manchem willkommen sein wird. Er darf aber wohl auch hier das methodische Bedenken wiederholen, das er gegen die Anwendung von Rechenmaschinen überhaupt in *solchen* Fällen hat, in denen die auf der Maschine einzustellenden oder zu verwendenden Zahlen erst aus einer Tabelle, meist mit Interpolation, aufgesucht werden müssen (wie z. B. bei Multiplikation oder Division mit trigonometrischen Zahlen gegebener Winkel) und dann erst eingestellt oder verwendet werden können, während bei der logarithmischen Rechnung zum Aufsuchen nur noch die Addition oder Subtraktion einiger Zahlen und das Aufsuchen einer Zahl zu ihrem Logarithmus kommt.

Auch die mechanisch-logarithmischen Hülfsmittel sind wieder um einige vermehrt worden. Der gewöhnliche 25 *cm*-Rechenschieber wird von Koch, Huxhold & Hannemann in Hamburg in einer Ausführung „mit federnder Wange" hergestellt: durch schwach ge-

krümmte Stahlplättchen, die auf der einen Seite des Stabkörpers zwischen Ober- und Unterteil eingesetzt sind, werden die zwei Skalen der Oberflächen des Stabs (*A* und *D*) an die Zungenskalen (*B* und *C*) leicht angepreßt, wodurch guter Gang erzielt ist, obwohl *A*/*B* und *C*/*D* sicher aneinanderliegen; Losewerden oder Festklemmen der Zunge infolge von Temperatureinflüssen ist nicht möglich.

Dr. A. Grünert hat eine den bekannten Schererschen und Billeterschen ähnliche logarithmische Rechentafel unter dem Namen „Multiplex“ erscheinen lassen; vgl. darüber die zwei Aufsätze von Lüdemann in der *Zeitschr. f. Vermess.* **38.** *S. 778 u. S. 825. 1909*, wo Genauigkeitsuntersuchungen angestellt werden, die für alle solche Rechenhülfsmittel sehr wichtig sind, da sie vor allem den Anwendungsbereich mitbestimmen. Lüdemann findet nun in der ersten Mitteilung den m. F. des Produkts aus zwei dreistelligen Faktoren zu ± 0,020 v. H. (0,013 bis 0,024) oder zu ± 0,016 v. H. (0,011 bis 0,021), je nachdem rasch oder möglichst sorgfältig gerechnet wurde. Das Ergebnis aus zwei vierstelligen Zahlen als Faktoren weicht in Beziehung auf Genauigkeit wenig von diesen Zahlen ab; auch die Produkte aus zwei dreistelligen Faktoren und die aus zwei vierstelligen Faktoren, wenn je einer dieser Faktoren konstant ist, zeigen keine großen Abweichungen ihrer m. F. von den angeführten Zahlen (nur die Produkte aus zwei dreistelligen Faktoren, von denen einer konstant ist, sind genauer). Die Rötherschen Rechenscheiben Nr. II und III, die freilich allgemeiner verwendbar sind, weil sie noch andere Teilungen tragen, werden also an Genauigkeit übertroffen (vgl. Lüdemann, *Zeitschr. f. Vermess.* **36.** *S. 248. 1907*), ebenso der Franksche Einskalenschieber (vgl. die Notiz des Ref. in der *Zeitschr. f. Vermess.* **32.** *S. 401. 1903*). Auch der zweite Aufsatz von Lüdemann, der nach dem Vorgang von Wilski die verschiedenen Fehlerarten beim Gebrauch der neuen Multiplex-Tafel trennt, kommt zu dem Ergebnis, daß sie der Schererschen Tafel ungefähr gleichwertig ist. Wegen der Temperatureinflüsse und der Zerrungen des Papiers infolge der Dünne der Zinkplatte wird empfohlen, diese Platte etwas stärker zu nehmen und den Zelluloidschieber durch einen solchen aus Glimmer zu ersetzen. Die Multiplex-Tafel hat jedenfalls allen andern guten mechanisch-logarithmischen Rechenhülfsmitteln gegenüber den Vorzug großer Billigkeit, da sie nur 4,50 M. kostet, kaum über die Hälfte guter Rechenschieber.

Verhältnismäßig teuer ist dagegen eine neue, gute Ausführung der *Rechenwalze.* Die Fabrik von Rechenapparaten von Daemen-Schmid in Oerlikon bei Zürich hat vor nicht langer Zeit eine neue Rechenwalze in den Handel gebracht (Preis 250 M.), die etwas größeren



Durchmesser zeigt als die Thachersche (vgl. den Aufsatz des Ref. in der *Zeitschr. f. Vermess.* **20.** *S. 438. 1891*) und dafür etwas kürzer ist; verschiedene Wünsche, die ich damals aussprach, sind an der neuen Walze erfüllt. Der Umfang ist 50 *cm*, die Länge, soweit die Teilung auf den 50 Mantellinien in je 1 *cm* Abstand reicht, 41 *cm*. Die Anfangsstriche der einzelnen Mantellinien der Stab-(Zylinder) Skale sind links groß (weiß auf schwarz) angeschrieben. Die Zunge *umfaßt* hier den Stab (Zylinder-Muffe), statt daß wie bei Thacher die zylindrische Zunge innerhalb der Stege des (Zylinder-)Stabs zu verschieben ist. Ihre Stege (vielleicht etwas zu wenig stabil) sind gelb gefärbt, und auch diese „Zunge“ trägt links und

rechts (gelb auf schwarz und grün auf schwarz) Aufsuchungszahlen. Zwischen 1 und 2,5 liest man am besten auf $^1/_{20}$ des Strichintervalls (5 Einheiten der 6. Ziffer), zwischen 2,5 und 5 auf $^1/_{10}$ des Intervalls (1 Einheit der 5. Ziffer), zwischen 5 und 10 ebenso auf $^1/_{10}$ des Strichintervalls (2 Einheiten der 5. Ziffer) ab. Die übrige Anordnung zeigt die nebenstehende Figur, der nur noch beizufügen ist, daß die Handscheibe zur Drehung der Walze jetzt durch einen großen Knopf ersetzt ist, der bequemer anzufassen ist; die zylindrische „Zunge" über dem Stabzylinder wird an kleinen Knöpfen gedreht und verschoben. Ein umfassender Genauigkeitsversuch, den der Ref. anstellen ließ, hat bei ziemlich rascher Rechnung ergeben, daß man die

Produkte zweier vierstelliger Faktoren mit dem m. F. $\pm$ 0,0033 %
Produkte zweier fünfstelliger Faktoren mit dem m. F. $\pm$ 0,0042 %

erhält. Die Rechnung ist entschieden bequemer als mit der Thacherschen Walze (die eine *zweite* Stabskale als Quadratwurzelteilung auf der andern Abdachung der Stabstege enthält), für die der Ref. *a. a. O.* Genauigkeitszahlen mitgeteilt hat. *Hammer.*

Apparat zur Darstellung kleiner Mengen flüssiger Luft.

Von P. Bräuer. *Zeitschr. f. d. physikal. u. chem. Unterr.* **22.** *S. 360. 1909.*

Der von Ingenieur P. Heylandt in Hamburg konstruierte Apparat dient zur Herstellung kleiner Mengen flüssiger Luft für Unterrichtszwecke; er ist in Fig. 1 abgebildet, in Fig. 2 schematisch dargestellt.

Die Luft wird einer Stahlflasche entnommen, welche 5 *cbm* trockene, kohlensäurefreie Luft unter 150 Atm. Druck enthält und bei *A* mit dem Apparat verschraubt wird. Die Luft strömt zunächst zu einem aus dünnem Kupferrohr gebildeten Vorkühler *B*, welcher sich unmittelbar über dem eigentlichen Verflüssigungsapparat befindet und

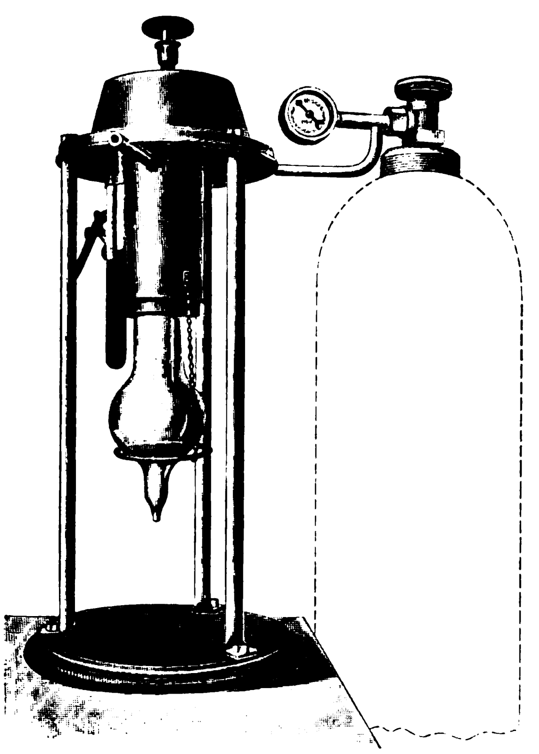


Fig. 1.

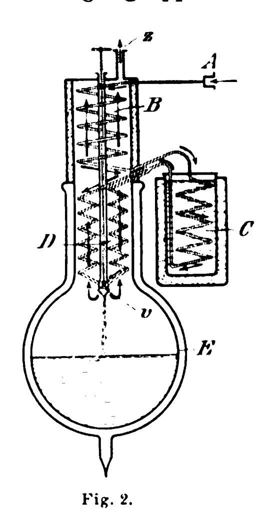


Fig. 2.

durch aufsteigende Luftdämpfe oder entweichende, schon kalte Luft umspült wird. Von hier gelangt die Luft in den glockenförmigen Aufsatz des Apparates und passiert hier ein langes, von einer Kältemischung umgebenes Schlangenrohr *C* (in Fig. 2 ist *C* nicht über, sondern neben der übrigen Apparatur gezeichnet). Alsdann tritt die Luft in den Hauptkühler *D*; sie verzweigt sich am Anfang desselben in zwei je 5 *m* lange, sehr enge und dünnwandige Kupferrohre, die in vielen Windungen, fast ohne Zwischenräume, zu einem zylindrischen Körper geformt sind und am

unteren Ende sich wieder vereinigen. Die Luft entweicht hier durch ein Reduzierventil *v*, verflüssigt sich in dem gasdicht angesetzten Vakuummantel-Gefäß *E* oder entweicht, solange die Verflüssigung noch nicht vor sich geht, nacheinander den Haupt- und Vorkühler umspülend, durch das Rohr *z* ins Freie.

Zur Beobachtung des Druckes bei der Kondensation dient ein an der Ausströmungsröhre befindliches offenes Wassermanometer; das Reduzierventil der die Druckluft enthaltenden Stahlflasche wird so eingestellt, daß das Wassermanometer 20 bis 40 *mm* Druck anzeigt.

Die Verflüssigung der Luft beginnt schon 4 bis 5 Minuten nach Inbetriebsetzung des Apparates. Nach 20 Minuten ist der Druck in der Stahlflasche um etwa 50 Atm. gesunken; in der Vakuummantel-Flasche befinden sich dann bereits 150 *ccm* flüssige Luft.

Der Apparat wird von der Firma P. Heylandt, Hamburg, Breitenfelder Str. 30, in verschiedenen Ausführungen zum Preise von 78; 92 bezw. 110 M. geliefert. Mit Einrichtung zur Verflüssigung von Wasserstoff erhöht sich der Preis des Apparates auf 155 M. *Schl.*

Schmelzpunktsbestimmungen.

Von W. P. White. *Amer. Journ. of Science* **28.** *S. 453. 1909.*

Schmelzpunktsmethoden bei hohen Temperaturen.

Von Demselben. *Ebenda* **28.** *S. 474. 1909.*

In den beiden Arbeiten wird die Technik der Schmelzpunktsbestimmungen, wie sie in dem Laboratorium für Geophysik in Washington ausgearbeitet wurde, zusammenfassend dargestellt. Durch Beobachtungen an zahlreichen organischen und anorganischen Substanzen, deren Schmelzpunkte zwischen 0° und 1400° liegen, ergab sich eine Reihe wichtiger Tatsachen, deren Kenntnis teils die Vermeidung von Fehlerquellen, teils die Erhöhung der Meßgenauigkeit ermöglicht.

Es wurden die Gründe dafür ermittelt, daß die Schmelz- bezw. Erstarrungskurven (Ordinate: Temperatur; Abszisse: Zeit) während der Zustandsänderung häufig gekrümmt sind, ohne den theoretisch geforderten horizontalen Verlauf zu zeigen.

Eine Ursache hierfür kann die Zähigkeit der Substanz sein. So wurde beobachtet, daß beträchtliche Mengen von Albit und Orthoklas in festem Zustand blieben, nachdem sie stundenlang auf eine Temperatur geheizt wurden, die 150° höher lag als diejenige, bei der das Schmelzen begann. Die Zähigkeit ist aber nur eine zufällige Eigenschaft eines Körpers, die bei andern Stoffen gänzlich fehlt.

Eine wichtigere Rolle spielen die Verunreinigungen, die in Lösung vorhanden sind und eine Erniedrigung des Schmelzpunktes verursachen. Läßt man eine Schmelze langsam abkühlen, und beginnt ein Teil zu erstarren, so reichern sich die Verunreinigungen in dem flüssigen Teil mehr und mehr an, und die Erstarrung tritt bei immer tieferen Temperaturen ein, wodurch eine langsame Krümmung der Kurve verursacht wird. Besonders bei Körpern, welche hoch schmelzen, wirken die Verunreinigungen sehr störend, da die Schmelzpunktserniedrigung mit dem Quadrat der absoluten Temperatur wächst. Sowohl beim Erstarren wie beim Schmelzen entspricht also der oberste Kurventeil des Schmelzintervalles dem gewünschten Fixpunkt der reinen Substanz am besten. Hat man keine Unterkühlung zu befürchten, so ist es vorteilhafter, den Erstarrungspunkt zu beobachten, der dem Beginn des Umwandlungsprozesses entspricht und also nicht durch die Störungen beeinflußt werden kann, die dieser Prozeß selber hervorruft.

Wenn nämlich, wie es oft der Fall ist, die Temperatur des Ofens kontinuierlich steigt und die Substanz zu schmelzen beginnt, wird infolge der hiermit zusammenhängenden Wärmeabsorption die Temperaturdifferenz zwischen Ofen und Schmelztiegel vergrößert. Bei nicht völlig reinen Substanzen wird dadurch bewirkt, daß der letzte Teil der Schmelzkurve steiler verläuft, als es bei konstanter Temperaturdifferenz der Fall sein würde, und man wird verleitet, eine zu tiefe Temperatur des Fixpunktes anzunehmen. Entsprechend verläuft beim Erstarrungsprozeß der letzte (tiefste) Teil der Kurve zu flach, denn infolge der Abgabe latenter

Wärme wird in diesem Falle die Temperaturdifferenz ständig kleiner. So kommt es, daß Erstarrungs- und Schmelzkurve derselben Substanz ein völlig verschiedenes Aussehen haben können.

Eine andere Störung, die stärker beim Schmelzen als beim Erstarren auftritt, kann durch mangelhaften Ausgleich der Temperatur hervorgerufen werden. Hat man Körper, die die Wärme schlecht leiten, wie z. B. Salze, so zeigt das Thermoelement nur die Temperatur der in seiner Nähe befindlichen Masse an. Sobald das Schmelzen beginnt, das zuerst an den Wänden des Tiegels stattfindet, wird in diesen Schichten die Wärme stark absorbiert, und der zum mittleren Teil des Tiegels fließende Wärmestrom verringert sich. Er wächst erst wieder, wenn alles rings um den Kern. geschmolzen ist und dieser selbst beginnt, flüssig zu werden. Parallel hiermit geht eine zu frühzeitige Verzögerung im Temperaturanstieg der Schmelzkurve, der zur unrechten Zeit eine Beschleunigung folgt. Diese Störungen kann man verringern, wenn man langsam heizt und die Dimensionen des Tiegels so viel wie möglich beschränkt.

Man würde in den meisten Fällen korrektere Beobachtungen erhalten, wenn man bei der graphischen Darstellung als Abszisse nicht die Zeit, sondern die dem Tiegel zugeführte Wärmemenge auftrüge. Da sie wesentlich abhängig ist von der Temperaturdifferenz zwischen Ofen und Tiegel, so ordnet der Verf. neben dem Tiegel, der in dem elektrisch geheizten Ofen steht, noch ein zweites Thermoelement an, das mit dem Hauptelement differential geschaltet werden kann. Die Heizung kann nun so reguliert werden, daß die Temperaturdifferenz die gleiche bleibt, sodaß dem Tiegel in gleichen Zeiten gleiche Wärmemengen zuströmen. Auf diese Weise kann man sogar versuchen, quantitative Wärmemessungen auszuführen, die zwar wegen der Schwierigkeiten einer absoluten Eichung des Apparates zunächst noch ziemlich ungenau sind, aber in einzelnen Fällen bisher durch keine besseren Methoden ersetzt werden können.

Außer einem verhältnismäßig großen Schmelztiegel von 5 *cm* Durchmesser und etwa 100 *g* Fassungsvermögen, in den ein Porzellanrohr zur Aufnahme des Thermoelementes gesteckt wurde, hat der Verf. Schmelzungen in einem Platinrohr vorgenommen, das er mit nur etwa 2 bis 3 *g* Substanz beschickte, in die die Drähte des Thermoelementes ungeschützt eintauchten.

Die Arbeit enthält noch viele Einzelheiten über kleinere Fehlerquellen und über die Behandlung der Thermoelemente. Ganz besonderer Wert ist stets darauf gelegt, daß in der Nähe der Elemente kein Iridium auf hohe Temperatur gebracht wird. So wurde z. B. für die Heizspule des Ofens reinstes Platin verwendet, da das Platin des Handels stets mit Iridium verunreinigt ist. *Hng.*

Über ein neues Kystoskopsystem.

Von O. Ringleb. *Folia urologica 4. S. 1. 1909.*

Bemerkungen über die optische und mechanische Einrichtung der neuen Kystoskope.

Von Demselben. *Flugblatt der Firma G. Wolf, Berlin. kl. 8°. 7 S. Nov. 1909.*

In den obenstehenden Schriften wird von optischen Instrumenten gehandelt, die den Lesern dieser Zeitschrift von Interesse sein werden, weil sie von den gewohnten vollständig abweichen. Es sind das die Kystoskope, Vorkehrungen zur Betrachtung des Blaseninnern, in das sie durch die Harnröhre eingeführt werden. Die äußere Gestalt der Kystoskope ist dementsprechend die einer verhältnismäßig langen und dünnen Röhre, die an ihrem äußeren Ende ein Ableseprisma zur Ablenkung des Hauptstrahlenbüschels trägt, während das abbildende optische System in der langen Röhre selbst angeordnet wird. Das System enthält zwischen Objektiv und Okular noch ein Umkehrsystem von ziemlich langer Brennweite, das das vom Objektiv entworfene Bild ohne wesentliche Maßstabsänderung umkehrt und so dem Okular zuführt.

Man sieht leicht ein, daß es sich hier um eine ähnliche Aufgabe handelt wie bei den Sehrohren (Periskopen) für Unterseeboote, wenn ja auch, abgesehen von dem Ausführungs-

maßstabe, Verschiedenheiten vorliegen, die sich auf die optische Dichte des ersten Mediums und den Abstand der Objekte beziehen. Hr. Ringleb hebt in zutreffender Weise hervor, daß es sich in diesen beiden Fällen zunächst um die Vorführung von Gegenständen handele, die infolge der diesen Instrumenten eigentümlichen Raumverhältnisse dem Beobachter direkt nicht zugänglich sein würden. Er faßt sie als *orientierende* zusammen und stellt sie den *verdeutlichenden* älteren Instrumenten gegenüber, denen das Mikroskop und das Fernrohr zuzurechnen sind. Man wird eine solche Einteilung nur billigen können, und sie sollte die alte, aber nicht sehr glückliche Einteilung in Instrumente zu subjektivem und objektivem Gebrauch ersetzen. Würde man nämlich als unterscheidendes Merkmal den Wert des Konvergenzverhältnisses in den Pupillen des Instruments

$$\Gamma = \frac{\operatorname{tg} w'}{\operatorname{tg} w}$$

einführen, so fielen die oben angeführten älteren Instrumente in die schon erwähnte Klasse der verdeutlichenden, weil bei ihnen Γ immer wesentlich größer ist als die Einheit, während es sich dann um *wiederholende* Instrumente handeln würde, wenn Γ die Einheit nicht viel übersteigen oder diesem Wert nur gleichkommen oder ihn gar nicht einmal erreichen sollte. Unter ihnen bilden die Kystoskope und die Periskope für Unterseeboote als orientierende Instrumente einen erst in neuester Zeit ausgebildeten Zweig. Die Hauptmenge der wiederholenden Instrumente stellen aber die photographischen Objektive, bei denen es sich zwar auch um eine orientierende Wirkung in dem obigen Sinne handeln kann (man denke nur an photographische Aufnahmen, für die die Apparate von unbemannten Drachen, von Raketen oder von Brieftauben in die Höhe befördert werden), bei denen aber stets die Betrachtung von der Aufnahme zeitlich getrennt ist. Diese Eigentümlichkeit kann man auch so beschreiben, daß man sagt, es handele sich bei photographischen Aufnahmen stets um eine unterbrochene Abbildung. In diesem Umstande liegt einer der Hauptvorzüge der photographischen Aufnahmen, und er wird meistens damit beschrieben, daß man sagt, es handele sich bei der photographischen Aufnahme um eine einwandfreie, dokumentarische Festlegung.

Um zum Kystoskop zurückzukehren, so ist dieses Instrument auf die Anregung von M. Nitze, dem vor wenigen Jahren verstorbenen Begründer der Kystoskopie, hergestellt und von verschiedenen Urologen verbessert worden. Auch Hr. Ringleb hat an der Verbesserung seinen Anteil, und zwar hat er namentlich das Ziel im Auge gehabt, Lichtstärke und Vergrößerung der neuen Instrumente zu steigern, um dadurch die Kystoskope wenigstens in einzelnen Formen mehr den alten verdeutlichenden Instrumenten anzunähern. Zur Bestimmung der Systeme im einzelnen wandte er sich an C. Zeiss in Jena, und es ist die Aufgabe des Referenten gewesen, sich mit der rechnerischen Durcharbeitung der in den Einzelheiten von dem medizinischen Fachmann festgelegten Aufgaben zu befassen. Gegenüber öffentlichen und privaten Äußerungen, die den Hrn. Ringleb zuzuschreibenden Anteil verkleinern, möchte der Referent aber hervorheben, daß es sich bei der Entwicklung der neuen Systeme um eine gemeinsame Arbeit mit dem medizinischen Fachmanne handelte, die ohne diesen weder begonnen worden wäre, noch zu einem förderlichen Abschluß hätte gebracht werden können. Die Jenaer optische Werkstätte hat die Tatsache einer solchen wesentlichen Mitarbeiterschaft dadurch anerkannt, daß sie in Übereinstimmung mit früheren ähnlichen Fällen den Namen des wissenschaftlichen Spezialisten mit der Bezeichnung des Instruments verband. Sie hat daher von dem Beginn ihrer Beschäftigung an diese Instrumente als Kystoskope nach Ringleb bezeichnet.

Die hauptsächlichsten Unterschiede der neuen Kystoskope gegenüber den älteren Instrumenten dieser Art beruhen auf einer mehrfachen Umkehrung des vom Objektiv entworfenen primären Bildes zu dem Zwecke, die Durchmesser der Eintritts- und der Austrittspupille wesentlich zu vergrößern. Es gelingt auf diese Weise selbst bei Systemen von 4 *mm* lichter Weite und darunter, trotz einer Länge von 25 *cm* noch „normale“ Austrittspupillen von etwa 2 *mm* Durchmesser zu erzielen. Auf die Verminderung der Schärfentiefe, die hier

wie überall mit der Vergrößerung der Eintrittspupille verbunden ist, geht Hr. Ringleb ausführlich ein und gibt auch das Mittel (die Vorschaltung einer Rekoss-Scheibe) an, das diesen Nachteil auch für presbyopische Beobachter auszugleichen gestattet. Ein weiterer Unterschied liegt in der zur Aufhebung der Spiegelverkehrung verwandten Mittel. Während man früher die Seitenrichtigkeit der Bilder durch eine Spiegelung (oder mehrere solcher) am Okularende herbeizuführen bemüht war — die Verwendung eines geradsichtigen Amicischen Reflexionsprismas zu diesem Zwecke war bereits im Frühjahre 1907 von Hrn. E. R. W. Frank in die medizinische Fachliteratur eingeführt worden — kam hier ein Amicisches Ableseprisma mit einer Dachkante, und zwar am Objektivende, zur Anwendung.

Wegen der Einzelheiten seien die Interessenten auf die angeführte Literatur verwiesen. Es wäre mit Freude zu begrüßen, wenn die sorgfältige Darstellung der durch die Strahlenbegrenzung bedingten Eigenschaften des Kystoskops Eigentum der Fachgenossen des Verf. würde, und man wird seinen weiteren Bemühungen in dieser Richtung nur den wohlverdienten Erfolg wünschen können. Ein Wettkampf verschiedener Fachleute in der von Hrn. Ringleb so erfolgreich geebneten Bahn könnte die Urologie wohl fördern.

M. von Rohr.

Bemerkung über eine Verbesserung der Methode, Sichtbarkeitskurven zu bestimmen.

Von C. S. Wright. *Phil. Mag.* ***16.*** *S. 395. 1908.*

Mittels des Michelsonschen Interferometers läßt sich die in einer Spektrallinie vorhandene Intensitätsverteilung als Funktion der Schwingungszahl ermitteln, indem man die Deutlichkeit der Interferenzfransen schätzt und daraus nach Anbringung von Korrektionen die Sichtbarkeit V als Funktion des Wegunterschiedes X der beiden interferierenden Strahlenbündel ableitet. Da für jede Wellenlänge λ bei kleinen Gangunterschieden praktisch die Minima vollständige sind, so ist $V = 1$ für $X = 0$. Bestimmt man nun denjenigen Wegunterschied $X = \Delta$, bei welchem $V = 1/2$ wird, so ergibt sich die in Wellenlängen ausgedrückte Halbweite δ der Linie als

$$\delta = \frac{0{,}221\,\lambda^2}{\Delta}.$$

Die Schätzungen der Deutlichkeit der Interferenzfransen sind naturgemäß ziemlich ungenau. Diese Bestimmungen werden aber bedeutend verbessert, wenn man nach dem Verf. im Gesichtsfelde ein zweites Interferenzstreifen-System erzeugt, dessen Sichtbarkeit durch Rechnung zu ermitteln und somit bekannt ist. Dies geschieht in passender Weise durch Einschalten einer Glimmerplatte in den Strahlengang zwischen Lichtquelle und Interferometer. Am zweckmäßigsten ist es, die Glimmerplatte so zu neigen, daß ihre geradlinigen Interferenzstreifen senkrecht zu denen des Interferometers stehen und der Streifenabstand bei beiden Systemen der gleiche ist. Es entsteht dann ein System von Quadraten, und man kann mit beträchtlicher Genauigkeit die Stellung X bestimmen, bei der entsprechende Punkte der Quadratseiten die gleiche Intensität besitzen.

Diese verbesserte Methode dürfte sich besonders eignen für relative Messungen, z. B. zur Untersuchung von Änderungen der Halbweite, die etwa durch Einflüsse der Temperatur, des Druckes u. s. w. auf die Intensitätsverteilung in der Spektrallinie hervorgerufen werden.

Schck.

Schutzmittel für Silberspiegel.

Von A. Perot. *Compt. rend.* ***149.*** *S. 725. 1909.*

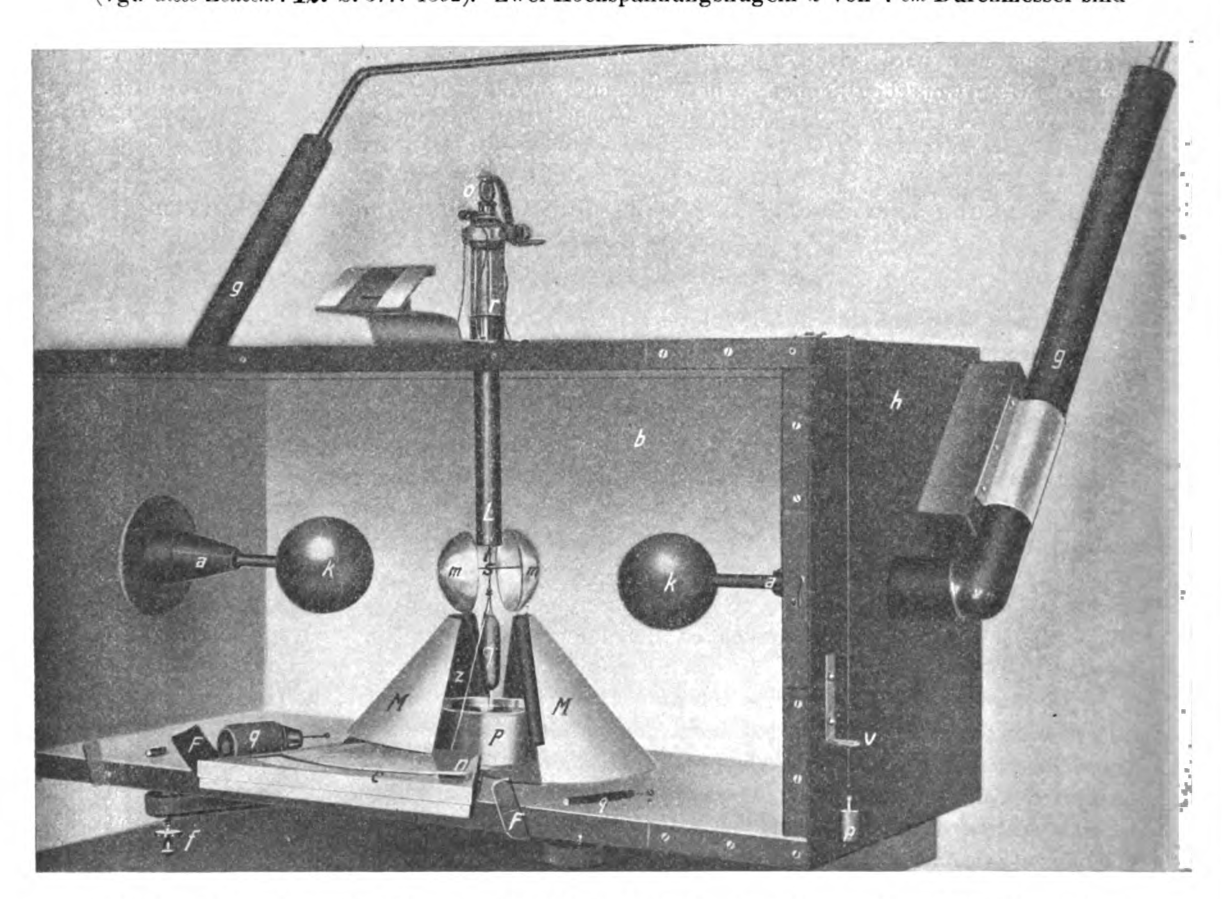
Perot empfiehlt, die eben fertig polierten und sorgfältig entstaubten Silberspiegel mit verdünntem Zaponlack, bestehend aus gleichen Raumteilen Lack und Amylazetat, zu übergießen und mit der Silberschicht nach unten abtropfen und trocknen zu lassen. Die optischen Eigenschaften des Spiegels sollen durch das Verfahren, welches sich in Meudon bei einem Planspiegel von 60 *cm* Durchmesser gut bewährt hat, nicht verschlechtert werden. *G.*

Messung hoher Spannungen und Bestimmung des Funkenpotentials für große Schlagweiten.

Von C. Müller. *Ann. d. Physik* **28.** *S. 585. 1909.*

Müller benutzt zur Messung hoher Spannungen zwei Methoden. Bei der ersten, welche von Crémieu herrührt (vgl. *diese Zeitschr.* **24.** *S. 282. 1904*), wird die elektrostatische Anziehung zwischen einem auf der hohen Spannung befindlichen Kegel und einem konaxialen, geerdeten, an einem Wagebalken befestigten Zylinder durch die elektrodynamische Abstoßung zweier Spulen kompensiert. Die Wage wurde für Spannungen von 1000 bis 140000 Volt gebraucht.

Die zweite Methode besteht in einer Abänderung der Bifilardrehwage von Heydweiller (vgl. *diese Zeitschr.* **12.** *S. 377. 1892*). Zwei Hochspannungskugeln k von 7 *cm* Durchmesser sind



leitend miteinander verbunden; sie befinden sich im Inneren eines metallischen, viereckigen Kastens von 70 × 30 × 27 *cm* Größe. Das bewegliche System, das von jeder der Kugeln k 8 *cm* entfernt ist, besteht aus zwei leichten Aluminiumschalen m von 5 *cm* Öffnung und 3 *cm* Radius; ihre Krümmungsmittelpunkte sind 0,5 *cm* voneinander entfernt. Das bewegliche System ist bifilar aufgehängt und trägt unten einen über einer Skale c spielenden Zeiger z; Skale und Zeiger sind zum Schutz gegen störende elektrostatische Kräfte in eine Metallkapsel n eingeschlossen. An das schwingende System können unten Gewichte q angehängt werden, welche so abgestimmt sind, daß die Meßbereiche im Verhältnis 1 : 2 : 4 : 8 stehen; die Gewichte sind durch den Metallkegel M gegen die Umgebung abgeschützt. Das erste Meßbereich wurde durch Vergleich mit einem Braunschen Elektrometer geeicht; es umfaßte die Spannungen 3000 bis 12500 Volt.

Werden die anderen Gewichte eingehängt, so erhält man also die Meßbereiche

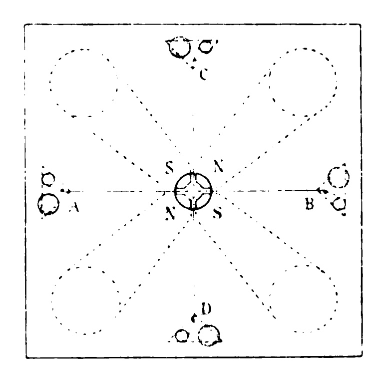
6000 bis 25000; 12000 bis 50000; 24000 bis 100000 Volt.

Mittels dieser Apparate wurden nun die Funkenpotentiale in Luft von Atmosphärendruck gemessen, und zwar bei symmetrischer Anordnung und einseitiger Aufladung für 2 *cm*- und 5 *cm*-Kugeln sowie für annähernde Ebenen. Für Kugeln wurden im wesentlichen die Zahlen von Heydweiller bestätigt; für nahezu homogene Felder ergab sich, daß die Schlagweite der Spannung proportional wuchs. *E. O.*

Der Phasograph.

Von M. Siegbahn. *Physikal. Zeitschr.* **10.** *S. 1017. 1909.*

Der Phasograph besteht aus zwei feinen, senkrecht zueinander ausgespannten Silberdrähten *AB* und *CD*. Die Drähte sind durch ein Glimmerstückchen voneinander isoliert; am Kreuzungspunkt, der einen Spiegel trägt, sind die Drähte zwischen den Polen von zwei Elektromagneten *NS*, *NS* geführt. Fließen nun Ströme durch die Drähte, so wird der Spiegel um zwei zueinander senkrechte Achsen gedreht. Durch den einen Draht schickt man den aufzunehmenden Wechselstrom, durch den anderen einen linear ansteigenden, wie es Zenneck beschrieben hat (vgl. *diese Zeitschr.* **20.** *S. 191. 1900*), oder einen zweiten Wechselstrom, sodaß Lissajoussche Figuren entstehen, wie sie für Wechselströme wohl zuerst von Puluj angewandt worden sind (vgl. *Sitzungsber. d. Wien. Akad.* **102,** *IIa. S. 815. 1893*). *E. O.*



Die Drehung von Prismen mit konstanter Ablenkung.

Von H. S. Uhler. *Phys. Rev.* **29.** *S. 37. 1909.*

Bei dem Gebrauche zweier Hilgerschen festarmigen Spektroskope hat der Verf. sich davon überzeugt, von welcher Wichtigkeit die richtige Wahl des Ortes der Drehungsachse des Prismentisches ist, und welcher Art die Fehler sind, die entstehen, wenn die Achse des aus dem Prisma austretenden zylindrischen Strahlenbüschels nicht mit der Fernrohrachse zusammenfällt: die Messung der Wellenlängen wird alsdann ungenau. Auf Grund elementargeometrischer Ableitungen, die einen reichlichen Druckbogen füllen, gibt der Verf. sich Rechenschaft über die Abhängigkeit der geometrischen Lage des eintretenden und des austretenden Strahlenbüschels vom Brechungs- und Dispersionsvermögen der Prismensubstanz und von den Prismenwinkeln und kommt schließlich zur Aufstellung einer Gleichung sechsten Grades, die bei gegebener Brechung und Dispersion eines Glases einen die günstigste Form des Prismas bestimmenden Winkel liefern würde, wenn man die Gleichung auflösen könnte. Der Verf. hat mit Näherungsmethoden für mehrere Glassorten Werte für die Koordinaten der Drehungsachse erhalten, die zum Teil recht gut die Forderung erfüllen, daß die Achse des durch das Prisma gegangenen Strahlenbüschels eine möglichst geringe seitliche Verschiebung erfährt, wenn man das Prisma dreht. *Lö.*

Bücherbesprechungen.

Neue Preisliste der Société Genevoise pour la construction des instruments de physique et de mécanique in Genf.

1. Teil. Allgemeine Meßinstrumente. 8°. 68 S. m. Abbildgn. 1909.

Der Katalog gibt in 10 Abschnitten einen Einblick in die Vielseitigkeit der *S. G.* auf dem Gebiete der mechanischen Meßinstrumente. Abschnitt 1 umfaßt zunächst die *Längen-* und *Kreis-Teilmaschinen* in bekannter, hervorragender Ausführung. Besonders hervorgehoben sei eine kleine automatische Längenteilmaschine für 35 *mm* größte Länge,

welche sich zur massenweisen Herstellung kleiner Glas- oder Metallskalen gut eignen dürfte. Automatische Kreisteilmaschinen werden bis zu 2 *m* Teilungsdurchmesser geliefert. Aus Abschnitt 2, welcher die *Längenmaſse* behandelt, sind die Angaben über die Nickelstahl-Legierungen der *Société de Commentry-Fourchambault et Decazeville* von besonderem Interesse. Danach stellt die genannte Hütte drei Arten von *Invar* her, je nachdem eine Wärmeausdehnung von höchstens 0,8 μ, von 1,0 bis 1,6 μ oder von höchstens 2,5 μ für 1 *m* Länge und 1° C. Temperatur-Erhöhung gefordert wird. Die *S. G.* scheint für Präzisions-Maßstäbe Invar der zweiten Art zu bevorzugen. Der Katalog macht auf die elastischen Nachwirkungen im Invar besonders aufmerksam. Außerdem sind Stäbe aus Nickelstahl mit 42 % bezw. 58 % Ni erhältlich, ersterer mit etwa 8 μ, letzterer mit ungefähr 11 μ Ausdehnung. Die Legierungen entsprechen also thermisch etwa dem Glas und Eisen. Die in Abschnitt 3 vorgeführten *Komparatoren* und *Kathetometer* sind ein bevorzugtes Gebiet der *S. G.* Eine Reihe von besonders umfangreichen Instrumenten ist hier aufgeführt, in der technischen Ausführung begünstigt durch die großen mechanischen Hülfsmittel, welche die *S. G.* in ihrer Maschinenbau-Abteilung besitzt und so für feinmechanische Zwecke mit benutzen kann. Es sind Kathetometer für 2 *m* und Meßmaschinen für 4 *m* Meßlänge ausgeführt worden. Aber auch *kleinere Meſswerkzeuge* (Abschnitt 4), wie Schiebelehren, Zehntelmaße, Schraubmikrometer, Sphärometer u. s. w., werden angefertigt. In Abschnitt 5 hat eine Reihe *Reflexionsgoniometer* bekannter Bauart mit horizontaler bezw. vertikaler Achse Aufnahme gefunden. An *Dynamometern* fertigt die Firma vier Systeme, darunter ein solches nach Morin mit Registrierung. Einer kurzen Aufzählung der *Wagen* und *Gewichte* folgen im 8. Abschnitt *Manometer* verschiedener Bauart bis zu 3000 Atm. Maximaldruck. Aus den zahlreichen *Pendelapparaten* sei ein großes Reversionspendel nach Bessel hervorgehoben mit kathetometrischer Ablesung, ferner das Invar-Kompensationspendel und eine Reihe von Modellen für ältere Kompensationspendel und Großuhr-Gänge. Unter den Instrumenten des letzten Abschnittes nehmen die *Trommel-* und *Streifen-Chronographen* einen besonders breiten Raum ein. Von ihnen sind Chronographen mit Elektromotor-Antrieb (nach R. Thury) hervorzuheben. Ihre Regulierung erfolgt durch elektrischen Zentrifugal-Regulator oder durch Synchronisation von einer Sternzeituhr. *G.*

Neu erschienene Bücher.

I. Remsen, Einleitung in das Studium der Chemie. Autoris. deutsche Ausg., selbständig bearb. v. Geh. Reg.-R. Prof. Dr. K. Seubert. 4. Aufl. 8°. XVI, 437 S. m. 49 Abbildgn. u. 2 Taf. Tübingen, H. Laupp 1909. 6 M.; geb. in Leinw. 7 M.

M. Simon, Geschichte der Mathematik im Altertum in Verbindung mit antiker Kulturgeschichte. gr. 8°. XVII, 401 S. m. Fig. u. 8 Taf. Berlin, B. Cassierer 1909. 13 M.; geb. 14,50 M.

Aus Natur und Geisteswelt. Sammlung wissenschaftlich gemeinverständl. Darstellgn. 8°. Leipzig, B. G. Teubner. Jedes Bdchn. 1 M.; geb. in Leinw. 1,25 M.

264. W. Löb, Einführung in die chemische Wissenschaft. IV, 104 S. m. 16 Fig. 1909.

— 284. L. Grebe, Spektroskopie. VI, 110 S. m. 62 Fig. im Text u. auf 2 Doppeltaf. 1910.

E. Wohlwill, Galilei und sein Kampf für die Copernicanische Lehre. 1. Bd. Bis zur Verurteilung der Copernicanischen Lehre durch die römischen Kongregationen. gr. 8°. XX, 646 S. Hamburg, L. Voss 1909. 14 M.

A. Neuber, Topographie. I. Tl. Lex. 8°. VII, 792 S. m. Abbildgn. u. 2 Taf. Wien, W. Braumüller 1909. 20 M.

J. F. Hayford u. L. Pike, *Precise Leveling in the United States 1903—1907. With readjustment of the Level Net and resulting Elevations. Published by the U. S. Coast and Geodetic Survey.* 4°. 280 S. m. 1 Taf. Washington 1908. 10 M.

Verlag von Julius Springer in Berlin N. — Universitäts-Buchdruckerei von Gustav Schade (Otto Francke) in Berlin N.

Zeitschrift für Instrumentenkunde.

Kuratorium:

Geh. Reg.-Rat Prof. Dr. **H. Landolt**, Vorsitzender, Geh. Reg.-Rat Prof. Dr. **A. Westphal**, geschäftsführendes Mitglied, Dr. **H. Krüss**, Prof. Dr. **R. Straubel**.

Redaktion: Prof. Dr. **St. Lindeck** in Charlottenburg-Berlin.

XXX. Jahrgang. **März 1910.** Drittes Heft.

Über ein Spektralpyrometer und einige optische Konstanten von Metallen.

Von

F. Henning.

(Mitteilung aus der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt.)

Einleitung.

Im Jahre 1901 haben Holborn und Kurlbaum[1]) ein optisches Pyrometer zur Messung hoher Temperaturen beschrieben, das sich wegen seiner Einfachheit vielfach im physikalischen Laboratorium und in der Technik Eingang verschafft hat. Es besteht aus einem Rohr mit Objektiv- und Okularlinse, zwischen denen sich eine Glühlampe befindet, die bei einer Spannung von 2 bis 4 Volt normal brennt. Der glühende Körper, dessen Temperatur ermittelt werden soll, wird mit diesem Instrument anvisiert und der durch die Glühlampe fließende Strom so lange variiert, bis der Bügel der Lampe an seiner heißesten Stelle auf dem Hintergrund des glühenden Körpers zu verschwinden scheint. Dem Lampenstrom wird durch vorhergehende Eichung mit einem schwarzen Körper eine bestimmte Temperatur zugeordnet.

Mit dem optischen Pyrometer kann man also nur diejenige Temperatur ermitteln, die ein schwarzer Körper bei derselben Helligkeit besitzt, wie sie der unbekannte Strahler aufweist. Diese Temperatur nennt man die schwarze Temperatur S des Strahlers. Sie läßt sich nach den Strahlungsgesetzen ausdrücken durch die wahre Temperatur T, die Wellenlänge λ und das von beiden abhängige Absorptionsvermögen A. Bezeichnet man noch mit c eine Konstante, so gilt für Wellenlängen im sichtbaren Spektrum die Gleichung

$$\frac{1}{T} - \frac{1}{S} = \frac{\lambda}{c} \ln A . \qquad 1)$$

Mit T und S mögen stets die absoluten Temperaturen, mit t und s ihre Celsius-Werte bezeichnet werden. Alle in dieser Arbeit angegebenen Temperaturen beziehen sich auf die gasthermometrischen Beobachtungen von Holborn und Valentiner[2]). Nach der hierdurch festgelegten Skale ist $c = 14\,200$, wenn λ in μ gemessen wird. Mit der Temperaturskale ändert sich auch c. Gleichzeitig bleiben aber die aus c, der Temperatur und der Wellenlänge berechneten Helligkeitsverhältnisse, die z. B. zur Bestimmung von Absorptions- und Reflexionsvermögen dienen, ungeändert. Da es sich in dieser Arbeit einesteils um derartige Messungen, andernteils um die Beob-

[1]) L. Holborn und F. Kurlbaum, *Sitzungsber. d. Berl. Akad. 1901. S. 712*; Referat in *dieser Zeitschr.* **22.** *S. 55. 1902.* Dieselben, *Ann. d. Physik* **10.** *S. 225. 1903.*

[2]) L. Holborn und S. Valentiner, *Ann. d. Physik* **22.** *S. 1. 1907.*

achtung verhältnismäßig kleiner Temperaturdifferenzen handelt, so ist die Temperaturskale selbst bei den vorliegenden Versuchen von geringer Bedeutung.

Aus Gl. 1) ist ersichtlich, daß bei konstantem T die schwarze Temperatur von der Wellenlänge abhängt. Darum wird es vielfach nötig sein, die Wellenlänge festzulegen, in der die Beobachtung ausgeführt werden soll. Bei dem Instrument von Holborn und Kurlbaum geschieht dies durch farbige Gläser, die vor das Okular geschoben werden können. Man ist bei dieser Methode aber auf wenige Farben beschränkt, die dazu noch recht unrein sind. Außerdem läßt sich zeigen, daß die für ein Absorptionsglas in Frage kommende Wellenlänge nicht in allen Fällen dieselbe ist. Hierauf soll weiter unten eingegangen werden. Auf eine Änderung der Wellenlänge mit der Dicke des Glases haben bereits Waidner und Burgess[1]) hingewiesen.

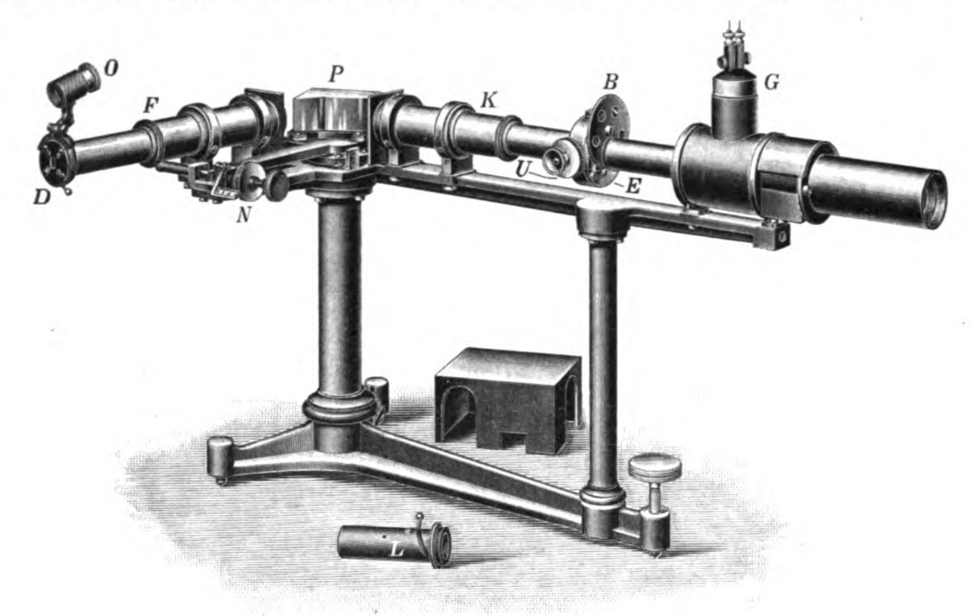


Fig. 1.

Um diese Nachteile zu vermeiden, wurde nach dem Prinzip des beschriebenen Instrumentes ein Pyrometer mit spektraler Zerlegung des Lichtes konstruiert. Durch dasselbe ist man imstande, die schwarze Temperatur in jeder beliebigen Wellenlänge bei großer Farbenreinheit zu beobachten. Bei der Konstruktion des Apparates, der von Franz Schmidt & Haensch in Berlin ausgeführt wurde, sind wichtige Vorschläge dieser Firma verwertet worden.

Für diejenigen Messungen, bei denen die Kenntnis der Wellenlänge eine untergeordnete Rolle spielt, z. B. bei Temperaturmessungen nach vorhergegangener Eichung, wird man auch ferner vorteilhaft das Pyrometer von Holborn und Kurlbaum anwenden, das neben seiner Einfachheit den Vorzug großer Lichtstärke besitzt. Dadurch ist es möglich, mit ihm Messungen bis herab zu schwarzen Temperaturen von 600° C. auszuführen.

Das Spektralpyrometer.

Fig. 1 stellt den Apparat in Ansicht, Fig. 2 im Grundriß dar. Das Instrument besteht nach Art eines Spektrometers aus dem Kollimatorrohr K und dem Fernrohr F.

[1]) C. W. Waidner und G. K. Burgess, *Bull. of the Bureau of Standards* **3.** *S. 163. 1907.*

Beide stehen fest im rechten Winkel zueinander. Das total reflektierende Abbesche Flintglasprisma *P*, das mit einer in Fig. 1 sichtbaren Schutzkappe bedeckt wird, ist auf einer Platte montiert, die um eine vertikale Achse drehbar ist. Die Drehung erfolgt durch die Mikrometerschraube *M*, die am Hebelarm *H* angreift. Die Einstellung des Prismas ist gegeben durch die Ablesung an der Skale *A* und der Trommel *N*.

Das Fernrohr ist mit einem Okularspalt *D* versehen, der sich bilateral bis zu 2 *mm* öffnen läßt. Die Breite kann an einer kleinen Teilung abgelesen werden, die in Fig. 1 angedeutet ist. Der Spalt *E* des Kollimatorrohres ist durch Drehen der Trommel *U* ebenfalls bilateral verstellbar, und zwar entspricht eine Umdrehung der Trommel einer Breite von 0,5 *mm*.

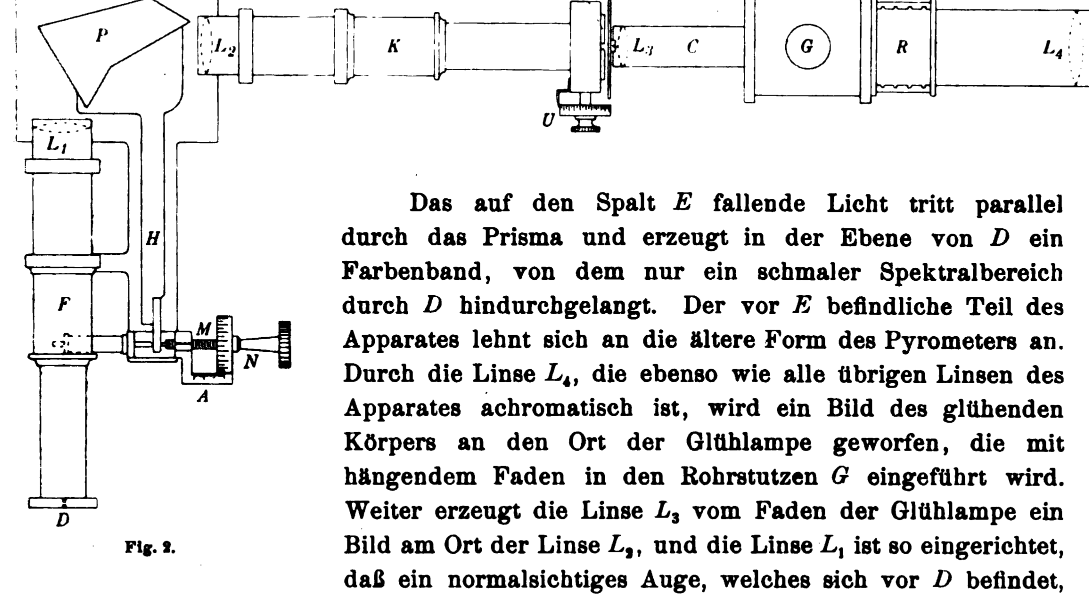


Fig. 2.

Das auf den Spalt *E* fallende Licht tritt parallel durch das Prisma und erzeugt in der Ebene von *D* ein Farbenband, von dem nur ein schmaler Spektralbereich durch *D* hindurchgelangt. Der vor *E* befindliche Teil des Apparates lehnt sich an die ältere Form des Pyrometers an. Durch die Linse L_4, die ebenso wie alle übrigen Linsen des Apparates achromatisch ist, wird ein Bild des glühenden Körpers an den Ort der Glühlampe geworfen, die mit hängendem Faden in den Rohrstutzen *G* eingeführt wird. Weiter erzeugt die Linse L_3 vom Faden der Glühlampe ein Bild am Ort der Linse L_2, und die Linse L_1 ist so eingerichtet, daß ein normalsichtiges Auge, welches sich vor *D* befindet, den Bügel der Glühlampe deutlich sieht. Der glühende Körper ist gleichzeitig scharf sichtbar, wenn er 21 *cm* vor der Linse L_4 steht. Durch Drehen des Prismas wird bewirkt, daß das Gesichtsfeld in beliebiger Farbe erscheint.

Wie bei jedem Photometer, so ist auch bei diesem Apparat erforderlich, daß die wirksame Blende, das ist der Spalt *E*, gänzlich vom Strahlenbündel des anvisierten Körpers ausgefüllt wird. Bezüglich der Breite des Spaltes wird dies leicht der Fall sein; seine Höhe einzuschränken, ist die Revolverblende *B* vorgesehen, deren Drehachse horizontal liegt, aber, wie Fig. 1 zeigt, oberhalb der Zeichenebene der Fig. 2 zu denken ist. Durch *B* kann die Höhe des Spaltes in 5 Stufen zwischen 0,4 und 4,0 *mm* verändert werden. Versuche zeigten, daß selbst bei der Blende von 4 *mm* Höhe die Messungen konstante Resultate gaben, wenn man einen schwarzen Körper mit einer strahlenden Öffnung von 5 *mm* Durchmesser anvisierte und seinen Abstand von der Linse L_4 zwischen 20 und 40 *cm* veränderte.

Um die Helligkeit des strahlenden Objektes abzuschwächen, können bei *R* Rauchgläser in den Strahlengang gebracht werden. Sie sind mit Metallfassungen versehen und passen in die in Fig. 2 angedeuteten Nuten.

Die Prismeneinstellung in ihrer Abhängigkeit von der Wellenlänge wurde durch ein Helium- und Quecksilberspektrum bestimmt. Blickt man durch den Spalt *D*

und dreht gleichzeitig die Trommel N, so erscheint die Geisslersche Röhre in einer bestimmten Farbe, erreicht ein Maximum der Helligkeit und klingt wieder zu völliger Dunkelheit ab, um von neuem in einer andern Farbe aufzuleuchten. Die Stellung der Trommel N, welche man beim Helligkeitsmaximum der Geisslerschen Röhre abliest, wird der Wellenlänge der betreffenden Spektrallinie zugeordnet. Die Grenzeinstellungen, bei denen Licht einer Spektrallinie noch eben durch den Spalt D tritt, lassen einen Schluß ziehen auf die Breite des Spektralbereiches, der bei bestimmter Öffnung der Spalte ins Auge gelangt. Man wird nämlich noch Licht der Wellenlänge λ wahrnehmen, wenn die Stellung des Prismas maximale Helligkeit nur für eine Spektrallinie der Wellenlänge $\lambda + \delta_1 \lambda$ oder $\lambda - \delta_2 \lambda$ erwarten läßt.

Die Breite des durch D hindurchtretenden Spektralbereiches wurde auf diese Weise bei verschiedener Stellung der beiden Spalte bestimmt. Sie mag für diejenigen Wellenlängen mitgeteilt werden, bei denen die meisten Beobachtungen ausgeführt sind. Die Spaltöffnungen sind in *mm* angegeben.

Tabelle 1.

Okularspalt Objektivspalt	0,7 0,30	0,7 0,58	2,0 *mm* 0,30 *mm*
Wellenlänge in μ	Breite des Spektralbereiches in μ		
0,520	0,007	0,010	0,019
0,538	0,008	0,011	0,022
0,576	0,009	0,014	0,028
0,627	0,012	0,017	0,035
0,680	0,015	0,021	0,044

Man sieht hieraus, daß der Okularspalt D von größerem Einfluß auf die Unreinheit der Farbe ist als der Objektivspalt E.

Während der weiter unten mitgeteilten Messungen war stets $D = 0,7$ *mm*, $E = 0,30$ *mm*. Bei diesen Spaltbreiten reichte die Helligkeit aus, um die Beobachtungen in der Nähe von $s = 1000^0$ beginnen zu können.

Um die Beziehung zwischen Prismeneinstellung und Wellenlänge festzustellen, kann man die beschriebene Methode nur dann brauchen, wenn die Spektrallinien so weit von einander entfernt sind, daß die Geisslersche Röhre im homogenen Licht erscheint, was bei der Heliumröhre zutraf. Ist dies nicht der Fall, so muß man das übliche und genauere Verfahren anwenden, bei dem der Spalt E scharf in der Farbe der Spektrallinie sichtbar ist. Dazu ist nur nötig, vor den Spalt D ein Okular O zu klappen und statt der Linse L_3 eine andere einzuführen, die ein Bild des Spektralrohres auf den Spalt E wirft. Okular O und Ersatzlinse L sind dem Apparat beigegeben (vgl. Fig. 1). Das so für die Eichung des Prismas umgeänderte Instrument kann auch für photometrische Messungen verwendet werden. In diesem Falle wird auf den Spalt E gleichzeitig der glühende Körper und der Faden der Glühlampe, der jetzt am besten horizontal verläuft, projiziert. Im Gesichtsfeld erblickt man von beiden farbige Bänder, deren Helligkeit man bei beliebiger Wellenlänge vergleichen kann. Nach dieser Methode haben zuerst Kurlbaum und Schultze[1]) beobachtet.

Für das Pyrometer von Holborn und Kurlbaum wurden kleine Glühlampen mit Kohlefäden verwendet, die innerhalb der Beobachtungsgenauigkeit bei konstanter

[1]) F. Kurlbaum und G. Schultze, *Verhandl. d. Deutsch. Physikal. Gesellsch.* 5. *S. 428. 1903.*

Stromstärke die gleiche schwarze Temperatur im roten, grünen und blauen Licht besaßen. Die Messungen mit dem Spektralpyrometer haben dagegen ergeben, daß ihre schwarze Temperatur von der Wellenlänge abhängt. Noch deutlicher trat eine derartige Abhängigkeit hervor, wenn die Kohlefäden durch Osmium-, Tantal- oder Wolframfäden ersetzt wurden. Bei diesen Lampen, die vor den Kohlelampen den Vorzug haben, daß ihre Fäden auf einer größeren Strecke gleichmäßig glühen, kann die schwarze Temperatur mit der Wellenlänge bis zu 35° variieren.

Man ist also gezwungen, die Eichung der Lampen bei jeder Wellenlänge, bei der man beobachten will, vorzunehmen. Dies erfordert zeitraubende Messungen, bei denen die Lampe mehr beansprucht wird, als wünschenswert erscheint.

Es ließ sich aber erwarten, daß gerade bei den Metallfadenlampen eine Vereinfachung der Eichung möglich ist. Wenn nämlich bei diesen Metallen ebenso wie bei Gold, Silber und Platin das Absorptionsvermögen von der Temperatur nicht abhängt[1]), so folgt aus Gl. 1), wenn die Größen mit gleichen Indizes einander zugeordnet werden und T für alle denselben Wert hat, daß

$$\frac{1}{S_1} - \frac{1}{S_0} = \frac{1}{c}\left[\lambda_0 \ln A_0 - \lambda_1 \ln A_1\right] \qquad 2)$$

ebenfalls unabhängig von der Temperatur ist. Zur Abkürzung setzen wir

$$\frac{1}{S_1} - \frac{1}{S_0} = \theta_1 . \qquad 2a)$$

Vergleicht man die schwarze Temperatur S_0 bei der Wellenlänge λ_0 mit der schwarzen Temperatur S_n bei der Wellenlänge λ_n, so erhält man einen der Gl. 2a) entsprechenden Ausdruck für θ_n. Es wäre also nur nötig, die Eichung der Lampe bei *einer* Wellenlänge λ_0 vorzunehmen, um eine Beziehung von der Form

$$S_0 = f(i) \qquad 3)$$

zwischen S_0 und dem Lampenstrom i zu erhalten, und ferner die Größen θ bei *einer* Temperatur für alle gewünschten Wellenlängen zu ermitteln.

Um festzustellen, ob θ unabhängig von der Temperatur ist, sind zahlreiche Messungen an Glühlampen und glühenden Blechen ausgeführt worden. Außerdem wurde bei glühendem Platin und Iridium das Absorptionsvermögen ermittelt und das Reflexionsvermögen einer Reihe von Metallspiegeln gemessen. Diese Beobachtungen wurden fast ausschließlich mit dem Spektralpyrometer ausgeführt und dienten gleichzeitig dazu, die Brauchbarkeit des Instrumentes nach verschiedenen Richtungen zu erproben.

Messungen.

Eichung von Glühlampen. Zur Eichung der Glühlampen diente ein elektrisch geheizter schwarzer Körper nach Lummer und Kurlbaum[2]), dessen inneres Rohr 25 *cm* lang und 3,5 *cm* weit war. Nach Messungen von Valentiner[3]) erwies sich die Gesamtstrahlung dieses Körpers in Übereinstimmung mit dem Stefan-Boltzmannschen Strahlungsgesetz. Es wurden 12 Lampen an den schwarzen Körper angeschlossen, die bei 2 bis 4 Volt normal brannten, und die von verschiedenen Firmen fast sämtlich besonders hergestellt wurden. Es bestanden nach den Angaben der Firmen die Fäden von

[1]) L. Holborn und F. Henning, *Sitzungsber. d. Berl. Akad. 1905. S. 311.*
[2]) O. Lummer und F. Kurlbaum, *Ann. d. Physik* **5.** *S. 829. 1901.*
[3]) S. Valentiner, *Ann. d. Physik* **31.** *S. 275. 1910.*

H_3, Nr. 57 aus gewöhnlicher Kohle,
K_1, K_2 aus metallisierter Kohle,
10 *Osm.* aus Osmium,
10 *T*, 11 *T* aus Tantal,
L_1, L_3 aus Wolfram,
M_2, M_4, M_5 aus Wolfram.

Nr. 57 ist eine alte, schon 1901 benutzte Lampe. Bei 10 *Osm.* ist der Faden durch eine Schlinge, die aus feuerfestem Material besteht, vor dem Verbiegen geschützt.

Die Funktion $S_0 = f(i)$ wurde bei jeder Glühlampe für die Wellenlänge $\lambda_0 = 0{,}576\,\mu$ ermittelt und eine quadratische Beziehung zwischen S_0 und i berechnet.

Bei häufiger Wiederholung der Eichung, die bis $s = 1400^0$ erstreckt wurde, ergab sich, daß die einzelne Messung mit einer Genauigkeit von etwa 2^0 ausgeführt werden konnte. Jede Messung bestand aus mehreren Einstellungen, bei denen abwechselnd der zu hell oder zu dunkel brennende Faden auf seinem Hintergrund zum Verschwinden gebracht wurde. Innerhalb von 2^0 hielten sich alle Lampen mit Ausnahme von L_1 gut konstant.

Wird die Eichung bei verschiedenen Wellenlängen vorgenommen, so bleibt zweckmäßig der schwarze Körper auf konstanter Temperatur. Der Faden der Lampe hat dann für jede Wellenlänge dieselbe schwarze Temperatur $S_0 = f(i_0)$, aber im allgemeinen eine verschiedene wahre Temperatur, der jedesmal eine andere Stromstärke zugehört. So möge der Wellenlänge λ_1 die Temperatur T_1 und die Stromstärke i_1 entsprechen. Dann gilt für λ_1 die Beziehung (vgl. Gl. 1)

$$\frac{\lambda_1}{c} \ln A_1 = \frac{1}{T_1} - \frac{1}{f(i_0)}$$

und, wenn man T_1 und i_1 in die entsprechende Gleichung für λ_0 einsetzt,

$$\frac{\lambda_0}{c} \ln A_0 = \frac{1}{T_1} - \frac{1}{f(i_1)} .$$

Durch Subtraktion folgt aus diesen beiden Gleichungen

$$\frac{1}{f(i_1)} - \frac{1}{f(i_0)} = \frac{1}{c}(\lambda_1 \ln A_1 - \lambda_0 \ln A_0)$$

und aus dem Vergleich mit Gl. 2) und 2a)

$$\frac{1}{f(i_1)} - \frac{1}{f(i_0)} = \frac{1}{S_0} - \frac{1}{S_1} = -\theta_1 . \qquad 4)$$

Diese Gleichung hat Gültigkeit für die Temperatur T_1. Sie gibt an, wie man nach Kenntnis der Funktion $f(i)$ aus den für die einzelnen Wellenlängen beobachteten Stromstärken die Größen θ ermitteln kann. Die hiernach ausgeführten Messungen sind in Tab. 2 enthalten, in der die Einzelwerte der Größen $\theta \cdot 10^7$ nach steigenden Temperaturen s geordnet sind.

Die Beobachtungen zwischen 1000^0 und 1400^0 beziehen sich auf den Vergleich mit dem schwarzen Körper, der niemals höher geheizt wurde, um das Thermoelement zu schonen, das bei höherer Temperatur leicht verdirbt. Oberhalb 1400^0 ist θ dadurch gemessen, daß man die Strahlung der Lampe mit der Strahlung eines Tantalbleches verglich; diese kann man mit Hülfe von Rauchgläsern ermitteln, wie weiter unten gezeigt wird.

Um die Genauigkeit schätzen zu können, mit der θ gemessen wurde, sei erwähnt, daß einem Fehler von 2^0 eine Änderung von etwa 10 Einheiten in $\theta \cdot 10^7$ entspricht. Aus Tab. 2 ist ersichtlich, daß θ für verschiedene Lampen mit gleichartigen Fäden denselben Wert besitzt, und daß es innerhalb der Grenzen der Beobachtung nicht von der Temperatur abhängt.

Tabelle 2. Glühlampen.

Datum 1909	Temp. *s*	$\theta \cdot 10^7$ 0,520	0,538	0,627	0,680 μ
		H_3			
16. 4.	1097	—	− 1	+ 7	+ 31
6. 5.	1225	+ 14	+ 3	+ 9	+ 29
14. 4.	1297	+ 4	+ 4	+ 23	+ 52
15. 6.	1803	+ 26	+ 13	+ 7	+ 21
		+ 15	+ 5	+ 12	+ 33
		Nr. 57			
14. 6.	1085	+ 39	+ 10	− 2	+ 9
15. 6.	1128	+ 24	+ 7	− 5	+ 8
4. 6.	1759	+ 31	+ 24	+ 2	− 3
27. 5.	1770	+ 29	+ 4	− 14	− 17
		+ 31	+ 11	− 5	− 1
		K_1			
14. 7.	1172	− 7	− 6	+ 11	+ 39
15. 7.	1374	− 12	− 8	+ 15	+ 33
27. 7.	1620	+ 10	+ 6	+ 6	+ 12
		− 3	− 3	+ 11	+ 28
		K_2			
14. 7.	1173	+ 5	− 2	+ 5	+ 26
29. 10.	1244	− 12	− 6	+ 7	+ 24
28. 10.	1251	− 13	− 7	+ 9	+ 22
15. 7.	1372	+ 4	− 1	+ 10	+ 40
27. 7.	1620	+ 19	+ 5	+ 5	+ 16
		+ 1	− 2	+ 7	+ 26
		10 *Osm.*			
16. 4.	1095	—	− 17	+ 1	+ 30
6. 5.	1230	− 12	− 9	+ 16	+ 41
8. 4.	1256	—	− 8	+ 14	—
28. 10.	1254	− 21	− 15	+ 5	+ 24
14. 4.	1301	− 17	− 11	+ 14	+ 36
8. 4.	1400	—	− 15	+ 8	—
		− 17	− 12	+ 10	+ 33
		10 *T*			
15. 6.	1127	− 32	—	+ 48	—
1. 11.	1253	− 40	− 23	+ 44	+ 95
26. 6.	1336	− 43	− 32	—	+ 107
21. 6.	1387	− 19	− 23	+ 35	—
		− 33	− 26	+ 42	+ 101
		11 *T*			
15. 6.	1127	− 22	− 24	+ 34	+ 96
15. 6.	1132	− 20	− 22	+ 44	+ 125
		− 21	− 23	+ 39	+ 110

Datum 1909	Temp. *s*	$\theta \cdot 10^7$ 0,520	0,538	0,627	0,680 μ
		L_1			
16. 4	1096	—	− 11	+ 22	− 65
1. 11.	1225	− 25	− 22	+ 22	+ 40
6. 5.	1228	− 41	− 22	+ 35	+ 62
8. 4.	1253	—	− 5	+ 33	—
14. 4.	1305	− 41	− 27	+ 29	+ 44
		− 36	− 17	+ 28	+ 53
		L_3			
3. 11.	1255	− 29	− 18	+ 23	+ 57
3. 11.	1282	− 32	—	—	+ 63
		− 31	− 18	+ 23	+ 60
		M_2			
14. 5.	1031	—	—	+ 19	+ 52
10. 5.	1207	− 27	− 23	+ 26	+ 62
28. 10.	1249	− 28	− 16	+ 29	+ 76
13. 5.	1385	− 27	− 16	+ 35	+ 66
		− 27	− 18	+ 27	+ 64
		M_4			
14. 5.	1030	—	− 17	+ 25	+ 73
10. 5.	1206	− 25	− 24	+ 38	+ 76
12. 5.	1331	− 33	− 26	+ 29	+ 70
		− 29	− 22	+ 31	+ 73
		M_5			
14. 5.	1028	—	− 16	+ 9	+ 60
10. 5.	1204	− 24	− 23	+ 24	+ 63
29. 10.	1244	− 30	− 28	+ 24	+ 75
12. 5.	1338	− 37	− 26	+ 33	+ 69
13. 5.	1389	− 39	− 23	+ 29	+ 55
		− 32	− 23	+ 24	+ 64

Mittelwerte:

H_3	+ 15	+ 5	+ 12	+ 33
Nr. 57 . . .	+ 31	+ 11	− 5	− 1
K_1 und K_2 . .	− 1	− 2	+ 9	+ 27
10 *Osm.*	− 17	− 12	+ 10	+ 33
10 *T* und 11 *T*	− 27	− 25	+ 41	+ 106
L_1 und L_3 . .	− 33	− 18	+ 26	+ 57
M_2, M_4, M_5 .	− 29	− 21	+ 27	+ 67

Wir sind nun also in den Stand gesetzt, schwarze Temperaturen in jeder der 5 Wellenlängen zwischen $s = 1000^0$ und 1400^0 zu messen. Hat ein Objekt größere Helligkeit, so muß dieselbe passend abgeschwächt werden. Hierzu wurden drei Rauchgläser verwendet, die mit R_1, R_2 und R_5 bezeichnet sind. Die Größe ihrer Schwächung wurde mit dem Spektralpyrometer am schwarzen Körper in der Weise bestimmt, daß man abwechselnd die ungeschwächte Temperatur S_a und die geschwächte S_b beobachtete.

Das Resultat dieser Eichungen ist in Tab. 3 enthalten, aus der man S_a berechnen kann, wenn S_b durch die Beobachtung gegeben ist.

Tabelle 3.

$$\left(\frac{1}{S_b} - \frac{1}{S_a}\right) \cdot 10^7.$$

	$\lambda = 0{,}520$	0,538	0,576	0,627	0,680
R_1	831	869	887	1053	603
R_2	815	850	867	1027	588
R_5	1491	1573	1578	1964	1567

Die Eichungen wurden mehrfach, aber stets bei nahe den gleichen Temperaturen ausgeführt. Die Temperatur s_a war im Mittel bei R_1 1310°, bei R_2 1330°, bei R_5 1390°.

Die Größe der Schwächung ist besonders im roten Teil des Spektrums sehr stark von der Wellenlänge abhängig, die darum bei der Messung genau festgelegt werden muß. Bei dem Pyrometer von Holborn und Kurlbaum ist dies schwierig. Als Wellenlängen des roten und grünen Glases geben Holborn und Valentiner $\lambda = 0{,}650\,\mu$ und $0{,}572\,\mu$ an, für den Fall, daß das strahlende Objekt ein schwarzer Körper ist. Diese Wellenlängen sind aber nicht nur durch die Gläser selbst bedingt, sondern auch durch die Energiekurve des strahlenden Objekts und schließlich dadurch, daß das Auge für verschiedene Farben verschieden empfindlich ist. Denn man findet z. B., wenn man ein 2 *mm* dickes Stück des roten Kupferoxydulglases nach Art der Rauchglasschwächungen untersucht, daß seine Durchlässigkeit, die bei $0{,}605\,\mu$ nur etwa $1{,}2\%$ beträgt, nahezu linear mit der Wellenlänge wächst und bei $0{,}694\,\mu$, d. h. an der Grenze des sichtbaren Lichtes, $47{,}9\%$ erreicht, ohne daß eine dazwischenliegende Wellenlänge in irgend einer Weise ausgezeichnet ist.

Es ist also zu erwarten, daß die Wellenlänge des roten Glases sich gegen die oben mitgeteilte Zahl verschiebt, wenn man als Objekt einen schwarzen Körper betrachtet, dessen Energiekurve durch ein vorgeschaltetes Rauchglas verändert ist. Eine Bestätigung hierfür kam deutlich darin zum Ausdruck, daß sich für das Rauchglas R_1 mit dem Pyrometer von Holborn und Kurlbaum im roten Licht $\left(\frac{1}{S_b} - \frac{1}{S_a}\right) \cdot 10^7$ zu 780 ergab, während durch Parallelversuche mit dem Spektralpyrometer für $\lambda = 0{,}650\,\mu$ der Wert 1040 ermittelt wurde.

Beobachtung von θ an Blechen. Da ein Tantalblech zur Verfügung stand, so konnte die Größe θ auch an ihm gemessen werden, um festzustellen, ob das für die Tantallampen gefundene θ eine Konstante des Metalles ist. Das Blech, das in eine evakuierte Glasglocke von 11 *cm* Durchmesser eingeschmolzen war, hatte eine Breite von 2 *mm* und eine Länge von 4 *cm*. Seine schwarze Temperatur wurde bei konstantem T zwischen $s = 1175^0$ und 1815^0 in den angegebenen 5 Wellenlängen beobachtet.

Außer bei Tantal wurde θ noch an frei strahlenden Platin- und Iridiumblechen gemessen, die so zusammengefaltet wurden, daß die Lötstelle eines isolierten Thermo-

elementes von dem Metall rings umschlossen war. Die dem Beobachter zugekehrte strahlende Fläche betrug etwa 5 × 1,5 cm^2.

Es ist nicht nötig, daß bei derartigen Beobachtungen die frei strahlenden Metalle eine plane Oberfläche besitzen. Sie dürfen nur nicht so wellig sein, daß die ins Meßinstrument gelangenden Strahlen am glühenden Metall bereits reflektiert sind. Die Reinheit der Flächen wird durch die hohe Temperatur und die Stäubung gewährleistet. Feine Rillen, die sich auf dem Metall leicht infolge von Rekristallisation[1]) bilden, und die im Pyrometer als helle Linien hätten auftreten müssen, wurden nicht bemerkt.

Tabelle 4. Glühende Bleche.

Datum 1909	Temperatur s bei $\lambda = 0{,}576\ \mu$	Bemerkungen	$\theta \cdot 10^7$				$t_{beob.}$	$t_{beob.} - t_{ber.}$
			0,520	0,538	0,627	0,680 μ		
				Platinblech				
12. 10.	1030	M_2	− 91	− 39	+ 55	+ 102	1103	− 6
11. 10.	1129	M_2	− 68	− 45	+ 54	+ 84	1224	+ 4
1. 7.	1198	M_5	− 69	− 36	+ 56	+ 129	1286	− 13
13. 10.	1222	K_2	− 68	− 51	+ 58	+ 121	1341	+ 14
13. 10.	1226	M_5	− 75	− 54	+ 61	+ 121	1339	+ 8
1. 7.	1371	M_5	− 56	− 38	+ 57	+ 126	1492	− 6
			− 71	− 44	+ 57	+ 114		
				Tantalblech				
7. 6.	1175	M_4	− 58	− 34	+ 55	+ 111		
21. 6.	1381	M_5	− 45	− 33	+ 57	+ 114		
7. 6.	1389	M_4	− 46	− 30	+ 29	+ 117		
21. 6.	1587	M_5 R_1	− 26	− 24	+ 50	+ 113		
3. 6.	1607	M_4 R_5	− 22	− 33	+ 52	+ 105		
29. 5.	1608	M_5 R_5	− 36	− 24	+ 53	+ 101		
29. 5.	1717	M_5 R_5	− 31	− 24	+ 53	+ 105		
4. 6.	1721	M_4 $R_1 + R_2$	− 36	—	—	+ 84		
24. 6.	1779	M_2 R_5	− 21	− 20	+ 37	+ 81		
21. 6.	1804	M_5 R_5	− 18	− 19	+ 57	+ 116		
4. 6.	1806	M_4 $R_1 + R_2$	− 37	—	—	+ 94		
29. 5.	1815	M_5 R_5	− 21	− 20	+ 53	+ 108		
3. 6.	1815	M_4 R_5	− 18	− 20	+ 43	+ 100		
			− 32	− 26	+ 49	+ 104		
				Iridiumblech				
15. 11.	1319	10 *Osm.*	− 74	− 51	+ 56	+ 108		
15. 11.	1319	10 *Osm.*	− 67	—	—	+ 130		
9. 11.	1330	M_2	− 85	− 31	+ 65	+ 128		
9. 11.	1330	M_2	− 97	− 42	+ 61	+ 128		
			− 81	− 41	+ 61	+ 123		

Die Resultate der Messungen sind in Tab. 4 aufgenommen. In der 2 Spalte ist die bei $\lambda_0 = 0{,}576\ \mu$ beobachtete schwarze Temperatur angegeben; in der 3. Spalte findet sich ein Hinweis auf die benutzte Lampe und das Rauchglas. Bei Platin ist außerdem noch die mit dem Thermoelement gemessene Temperatur t angegeben. Auf die Größen $t_{beob.} - t_{ber.}$ wird weiter unten eingegangen.

[1]) L. Holborn und F. Henning, *Sitzungsber. d. Berl. Akad. 1902. S. 936.*

Es war von Interesse, die Größe θ auch an einem Material zu messen, dessen Eigenschaften von denen der Metalle möglichst verschieden sind. Hierfür eignete sich die Nernst-Masse. Die schwarzen Temperaturen zweier Glühkörper aus Lampen für 1 Amp. Stromstärke wurden nach Art der Bleche zwischen $s = 1200^0$ und 2200^0 beobachtet. Für beide Glühkörper ergab sich übereinstimmend, daß θ oberhalb 1900^0 mit wachsender Wellenlänge abnimmt, während es bei tieferen Temperaturen mit der Wellenlänge wächst. Schon nach den Beobachtungen von Kurlbaum und Schultze[1]) war zu vermuten, daß bei der Nernst-Masse θ und infolgedessen auch das Absorptionsvermögen nicht unabhängig von der Temperatur ist.

Absorptionsvermögen von glühendem Platin und Iridium. Bei den erwähnten Beobachtungen an Platin und Iridium wurde neben der schwarzen Temperatur s auch die wahre Temperatur t gemessen. Dadurch ist man in den Stand gesetzt, mit Hülfe von Gl. 1) das Absorptionsvermögen der glühenden Metalle zu ermitteln. Die Rechnung ist durchgeführt für die Wellenlänge $\lambda_0 = 0{,}576\,\mu$. Für Platin ergibt sich als Mittelwert $\frac{1}{S} - \frac{1}{T} = 437 \cdot 10^{-7}$. Dem entspricht

$$A = 0{,}34\,.$$

Eine Schätzung, mit welcher Genauigkeit diese Zahl in dem beobachteten Temperaturintervall als konstant angesehen werden kann, erhält man, wenn man mit ihrer Hülfe aus den beobachteten schwarzen Temperaturen die wahren Temperaturen t berechnet und sie mit den Angaben des Thermoelementes vergleicht. Die so für Platin ermittelten Differenzen $t_{beob.} - t_{ber.}$ sind in Tab. 4 aufgenommen. Sie zeigen keinen Gang. Daß sie bis zu 14^0 betragen findet eine ausreichende Erklärung in der Schwierigkeit, die Temperatur t des Bleches exakt zu messen.

Beim Iridium ergaben sich bei gleicher Versuchsanordnung keine brauchbaren Werte für das Absorptionsvermögen, da die Beobachtungen von t zu ungenau waren. Dies ging daraus hervor, daß das Iridiumblech mitten in einer Beobachtungsreihe in der Nähe eines Poles durchschmolz, während es in der Mitte nur eine schwarze Temperatur von etwa 1400^0 besaß. Das Blech ist mehrfach benutzt und infolge seiner starken Zerstäubung mit der Zeit offenbar sehr inhomogen geworden.

Am zuverlässigsten werden deshalb die ersten Beobachtungen sein, die an diesem Blech vorgenommen wurden. Sie sind im Jahre 1905 in Gemeinschaft mit Hrn. Holborn ausgeführt. Als Meßinstrument diente das alte Pyrometer, und zwar wurde fast ausschließlich das rote Absorptionsglas angewendet. Tab. 5 enthält ähnlich wie Tab. 4 für Platin neben der schwarzen und der wahren Temperatur s und t die Differenz $t_{beob.} - t_{ber.}$. Die berechneten Werte sind dadurch gewonnen, daß

$$\frac{1}{S} - \frac{1}{T} = 526 \cdot 10^{-7}$$

gesetzt ist. Dem entspricht $A = 0{,}32$ unter der Annahme, daß $\lambda = 0{,}650$ ist. Die Wellenlänge hat bei diesen Beobachtungen keinen großen Einfluß. Ein Rauchglas kam auch bei der höchsten Temperatur nicht zur Anwendung, da die Lampen früher oft bis 1500^0 mit dem schwarzen Körper geeicht wurden.

Bei dieser Gelegenheit mag der starken Oxydation des Iridiums Erwähnung getan werden. Kühlt man das Metall langsam unter 950^0 ab, so bedeckt es sich mit einem fast schwarzen Überzug. Mit dem Thermoelement konnte folgende Erscheinung beobachtet werden: Bei wachsendem Heizstrom steigt die Temperatur des mit Oxyd

[1]) F. Kurlbaum und G. Schultze, *a. a. O.*

bedeckten Bleches zunächst gleichmäßig bis ungefähr 950° an. Hier verschwindet das Oxyd, und infolge der dadurch verminderten Ausstrahlung steigt die Temperatur des Bleches plötzlich bis etwa 1250°. Bei Verringerung des Heizstromes tritt bei 950° gleichzeitig mit der Oxydierung eine plötzliche Abkühlung um etwa 250° ein.

Tabelle 5.

s	t	$t_{beob.} - t_{ber.}$
1058	1158	0
1124	1232	— 3
1182	1298	— 5
1208	1331	— 2
1225	1357	+ 4
1246	1380	+ 2
1293	1443	+ 10
1339	1495	+ 7
1354	1508	+ 2
1387	1542	— 4
1451	1614	— 9

Reflexionsvermögen. Um bei einigen Metallen die Größen θ und A, wie sie für den Glühzustand gelten, mit den entsprechenden Werten bei Zimmertemperatur vergleichen zu können, wurde das Reflexionsvermögen von Platin, Rhodium und Iridium beobachtet, denen zur Kontrolle der Beobachtungsmethode Silber und Nickel angereiht wurden.

Die Methode bestand darin, daß mit dem Spektralpyrometer abwechselnd die schwarze Temperatur S eines glühenden Körpers und seines Spiegelbildes S' gemessen wurde. Dann ist das Reflexionsvermögen R gegeben durch die Gleichung

$$\ln R = \frac{c}{\lambda}\left(\frac{1}{S} - \frac{1}{S'}\right).$$

Als Strahler diente ein auf 1200° geheizter kleiner schwarzer Körper von etwa 14 *cm* Länge, der, wie schon aus früheren Versuchen bekannt, nicht völlig schwarz ist. Seine für 1200° gültigen θ haben folgende Zahlenwerte:

λ	0,520	0,538	0,627	0,680 μ
$\theta \cdot 10^7$	— 12	— 3	+ 12	+ 23

Bei Kenntnis dieser Zahlen braucht man die schwarze Temperatur des Körpers nur für eine Wellenlänge zu messen.

Die Meßanordnung war so getroffen, daß der Spiegel *sp* (Fig. 3) von einer feststehenden Achse getragen wurde, um die sich ein Arm *a* drehen konnte. Auf dem Arm war der glühende Körper *k* montiert. Bei direkter Strahlung wurde der Spiegel heruntergeklappt, was durch ein in seinem Halter angebrachtes Gelenk ermöglicht wurde. Auf diese Weise war die optische Weglänge die gleiche wie bei der Reflexion. Der Winkel, unter dem die Reflexion stattfand, betrug etwa 30°. Eine Änderung desselben erwies sich ohne Einfluß.

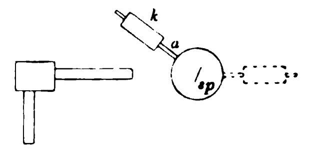


Fig. 3.

Die Spiegel bestanden aus Metallplättchen von 2×2 *cm*² Größe, die meist auf gleichgroße Messingscheiben gekittet bezw. gelötet waren. Geschliffen wurden die Metalle teils in der Werkstatt der Reichsanstalt, teils bei Fr. Schmidt & Haensch. Der

Iridiumspiegel wies am Rande einige Flecke auf. Der Tantalspiegel verursachte besondere Mühe, da in diesem Material leicht Risse entstehen. Schließlich wurde eine sehr blanke und ebene Oberfläche erzielt. Beim Platin war im schräg auffallenden Licht eine bläulich schimmernde Oberflächenhaut sichtbar, die auf Anraten von Hrn. v. Wartenberg durch Toluoldampf entfernt wurde, ohne daß indessen damit eine Änderung des Reflexionsvermögens hervorgerufen wurde.

Tab. 6 gibt die beobachteten Einzelwerte von

$$\frac{\lambda}{c}\ln R = \frac{1}{S} - \frac{1}{S'}.$$

Tabelle 6.

Datum 1909	Bemerkungen	$-10^7 \cdot \frac{\lambda}{c}\ln R$ 0,520	0,538	0,576	0,627	0,680 μ
		Silber				
19.10.	K_2	34	32	40	38	42
22.10.	K_2	23	20	23	26	33
23.10.	M_5	30	25	30	31	35
26.10.	M_2	31	39	20	23	22
26.10.	M_2	29	—	25	—	—
		29	29	28	30	33
		Nickel				
5.10.	M_2	221	206	209	209	186
20.10.	K_2	207	209	217	217	231
23.10.	M_5	—	—	221	—	219
6.11.	M_2	212	214	212	216	211
6.11.	M_2	218	—	218	—	211
		214	210	216	214	212
		Platin				
4.10.	M_2	181	171	166	176	181
19.10.	K_2	160	164	173	175	191
5.11.	M_5	184	175	177	185	186
5.11.	M_5	180	—	173	—	188
		176	170	172	179	187

Datum 1909	Bemerkungen	$-10^7 \cdot \frac{\lambda}{c}\ln R$ 0,520	0,538	0,576	0,627	0,680 μ
		Rhodium				
20.10.	K_2	135	135	144	151	165
22.10.	K_2	142	142	150	157	173
23.10.	M_5	151	140	147	150	157
		143	139	147	153	165
		Iridium				
26.10.	M_2	157	160	170	173	175
26.10.	10 *Osm.*	174	156	173	174	196
5.11.	M_5	166	164	168	174	189
5.11.	M_5	165	—	167	—	186
		165	160	170	174	186
		Tantal				
25.11.	10 *Osm.*	331	345	374	388	354
25.11.	10 *Osm.*	331	—	380	—	352
25.11.	M_5	346	352	383	391	376
25.11.	M_5	341	—	374	—	366
		337	348	378	390	362

Tab. 7 enthält die aus dem Mittel dieser Zahlen berechneten Reflexionsvermögen R sowie die Größe

$$-\frac{\lambda}{c}\ln(1-R) = -\frac{\lambda}{c}\ln A = \frac{1}{S} - \frac{1}{T} \quad \text{(vgl. Gl. 1)},$$

schließlich die hieraus gewonnenen Werte von θ.

Ein Beobachtungsfehler von 10 Einheiten in $\left(\frac{1}{S} - \frac{1}{S'}\right) \cdot 10^7$ fälscht das Reflexionsvermögen um 2,5 % seines Wertes, wodurch je nach der Größe von R eine verschiedene Ungenauigkeit in $\frac{1}{S} - \frac{1}{T}$ hervorgerufen wird. Diese beträgt

bei $R = 0{,}4$	etwa	$7 \cdot 10^{-7}$
$0{,}5$		$10 \cdot 10^{-7}$
$0{,}9$		$90 \cdot 10^{-7}$.

Die für Silber auf diese Weise ermittelten θ werden also ziemlich ungenau sein.

Tabelle 7.

Metall	0,520	0,538	0,576	0,627	0,680
			R		
Silber	0,92	0,93	0,93	0,93	0,93
Nickel	0,56	0,57	0,59	0,62	0,64
Platin	0,62	0,64	0,65	0,67	0,68
Rhodium	0,68	0,69	0,70	0,71	0,71
Iridium	0,64	0,66	0,66	0,67	0,68
Tantal	0,40	0,40	0,39	0,41	0,47
			$\left(\frac{1}{S} - \frac{1}{T}\right) \cdot 10^7$		
Silber	944	986	1096	1200	1294
Nickel	298	323	359	423	492
Platin	352	385	430	486	541
Rhodium	414	447	483	542	591
Iridium	371	404	435	495	547
Tantal	186	193	203	235	304
			$\theta \cdot 10^7$		
Silber	— 152	— 110	—	+ 104	+ 198
Nickel	— 61	— 36	—	+ 64	+ 133
Platin	— 78	— 45	—	+ 56	+ 111
Rhodium	— 69	— 36	—	+ 59	+ 108
Iridium	— 64	— 31	—	+ 60	+ 112
Tantal	— 17	— 10	—	+ 32	+ 101

Resultate und Folgerungen.

Vergleicht man die durch Reflexionsbeobachtungen für θ gewonnenen Zahlen mit denjenigen der Tab. 2 und 4, so ist die Übereinstimmung bei Platin nahezu vollständig. Bei Iridium und Tantal ist sie zwar etwas weniger gut; in Anbetracht des Umstandes aber, daß diese Metalle schwer als Spiegel zu bearbeiten sind, kann daraus nicht geschlossen werden, daß sich bei ihnen θ mit der Temperatur ändert.

Was die Werte des Reflexionsvermögens betrifft, so stimmen die für Silber, Nickel und Platin gefundenen Zahlen mit Messungen anderer Beobachter genügend überein. Für Rhodium, Iridium und Tantal sind bisher keine Werte bekannt.

Bei der Wellenlänge $\lambda = 0{,}576\ \mu$ ergibt sich

bei Zimmertemperatur	für Platin $A = 0{,}35$	für Iridium $A = 0{,}34$
in der Glühhitze	„ „ $A = 0{,}34$	„ „ $A = 0{,}32$.

Damit ist nun auch für Iridium die Konstanz des Absorptionsvermögens mit der Temperatur nachgewiesen.

Unter der Annahme, daß θ nur von der Wellenlänge abhängt, sind in Tab. 8 die schwarzen Temperaturen einiger Lampen für verschiedene λ und normale Brennhelligkeit berechnet. Hierbei wurde für alle Lampen $S_0 = 2100^0$ bei $\lambda = \lambda_0 = 0{,}576\ \mu$ gesetzt[1]).

Diese Tabelle gewährt einen Überblick über die Helligkeit der Lampen in verschiedenen Farben. Das Intensitätsverhältnis für die einzelnen Wellenlängen ist

[1]) Vgl. C. W. Waidner und G. K. Burgess, *Bull. of the Bureau of Standards* **2.** *S. 319. 1906.*

hieraus leicht zu ermitteln. Nun ist von Interesse auszurechnen, welche Temperatur $\mathfrak{T}$ ein schwarzer Körper haben muß, wenn er bei zwei Wellenlängen λ_1 und λ_2 dasselbe Intensitätsverhältnis besitzt wie die Glühlampen.

Tabelle 8.

Lampen	0,520	0,538	0,576	0,627	0,680 μ	$\mathfrak{T}$
H_3	2093	2098	2100	2095	2086	—
Nr. 57	2086	2095	2100	2102	2100	—
K_1 und K_2 . .	2100	2101	2100	2096	2088	2140
10 *Osm.* . . .	2108	2105	2100	2096	2086	2190
10 T und 11 T	2112	2111	2100	2082	2054	2320
L_1 und L_2 . .	2114	2108	2100	2088	2075	2250
M_3, M_4, M_5 . .	2113	2109	2100	2088	2071	2270

Bezeichnet man die zu λ_1 und λ_2 gehörigen schwarzen Temperaturen der Glühlampen mit S_1 und S_2, so ist

$$\frac{1}{\mathfrak{T}} = \frac{1}{S_0} - \frac{\lambda_1 \theta_2 - \lambda_2 \theta_1}{\lambda_2 - \lambda_1} . \qquad 5)$$

Die Werte von θ sind aus Tab. 2 zu entnehmen.

Setzt man $\lambda_1 = 0{,}520\,\mu$ und $\lambda_2 = 0{,}680\,\mu$, so kann man $\mathfrak{T}$ ansehen als die absolute Temperatur des schwarzen Körpers, der Licht von derselben Farbe aussendet wie die Lampen. Hierbei ist stillschweigend die Annahme gemacht, daß $\mathfrak{T}$ seinen Wert nicht ändert, wenn man die Rechnung für irgend zwei zwischen λ_1 und λ_2 liegende Wellenlängen durchführt.

Bezeichnet man die wahre Temperatur des glühenden Fadens einer Lampe mit T und sein Absorptionsvermögen für λ_1 und λ_2 mit A_1 und A_2, so gilt folgende Beziehung zwischen T und $\mathfrak{T}$:

$$\mathfrak{T} - T = \frac{\mathfrak{T} \cdot T}{c} \frac{\lambda_1 \cdot \lambda_2}{\lambda_2 - \lambda_1} \ln \frac{A_1}{A_2} .$$

Wenn wir nun annehmen, daß das Absorptionsvermögen mit wachsender Wellenlänge abnimmt, wie es bei den Metallen im sichtbaren Gebiet im allgemeinen der Fall ist, so ist $\mathfrak{T} > T$[1]). Der Wert $\mathfrak{T}$ gibt uns also eine obere Grenze für die Temperatur der Metallfäden.

Da man für jedes Metall einen derartigen oberen Grenzwert von T ableiten kann, wenn S_0 gegeben ist, so hat man nach Gl. 1) die Möglichkeit, einen Minimalwert für das Absorptionsvermögen auszurechnen. Nennt man den für $\lambda = \lambda_0$ geltenden Wert $A_{min.}$, so ist unabhängig von S_0

$$\ln A_{min.} = \frac{c}{\lambda_0} \frac{\lambda_2 \theta_1 - \lambda_1 \theta_2}{\lambda_2 - \lambda_1} .$$

Setzt man wie oben $\lambda_1 = 0{,}520\,\mu$ und $\lambda_2 = 0{,}680\,\mu$, dann ergeben sich folgende Minimalwerte:

Lampen	$A_{min.}$	Bleche	$A_{min.}$
Osmium	0,62	Platin	0,17
Tantal	0,27	Iridium	0,14
Wolfram	0,40	Tantal	0,30

[1]) E. P. Hyde, F. C. Cady und G. W. Middlekauf, *The Illuminating Engineer* 2. S. 241 u. 335. 1909.

Soweit Beobachtungen vorliegen, stehen die vorstehenden Werte nicht damit in Widerspruch. Beachtenswert ist der hohe Minimalwert von Osmium. Sein Absorptionsvermögen erreicht also mindestens dasjenige des Tantals, für das $A = 0{,}61$ gefunden wurde. Ebenso kann man schließen, daß das Absorptionsvermögen von Wolfram dasjenige des Platins übertrifft.

Zusammenfassung.

In dieser Arbeit ist ein optisches Spektralpyrometer beschrieben, das sich gut bewährt hat und bei fast allen mitgeteilten Beobachtungen angewendet wurde. Die Versuche haben gezeigt, daß für eine Reihe von Metallen die Größe $\theta = \frac{1}{S} - \frac{1}{S_0}$, wobei S und S_0 die absoluten schwarzen Temperaturen bei den Wellenlängen λ und λ_0 sind, sich mit der wahren Temperatur T nicht ändert. Dies Resultat wird bei der Eichung von Pyrometerlampen mit Metallfäden vorteilhaft benutzt. Gemessen sind die bisher unbekannten Reflexionsvermögen von Rhodium und Iridium. Die Temperaturkonstanz des Absorptionsvermögens ist bei Platin bestätigt und für Iridium ebenfalls bewiesen. Ein Maß für die Farbe eines glühenden Metalles wird durch die Temperatur $\mathfrak{T}$ eines schwarzen Körpers gegeben, der in zwei möglichst weit voneinander entfernten Wellenlängen dasselbe Helligkeitsverhältnis besitzt wie das glühende Metall. Die Größe $\mathfrak{T}$, die aus der schwarzen Temperatur und den Werten θ zu ermitteln ist, ist gleichzeitig die obere Grenze für die wahre Temperatur des Metalles und gestattet, eine untere Grenze für sein Absorptionsvermögen zu berechnen.

Charlottenburg, den 6. Februar 1910.

Über einen Transformator zur Auflösung sphärischer Dreiecke, besonders für Zwecke der Ortsbestimmung im Luftballon.

Von
K. Schwarzschild in Potsdam.

Man kennt die Verwendung der stereographischen Projektion zur Auflösung sphärischer Dreiecke und zur Behandlung der Hauptaufgaben der astronomischen Ortsbestimmung. In der meines Wissens praktisch besten Ausführung nach E. Kohlschütter[1]) liegt auf einer Pappscheibe, welche eine stereographische Projektion der Meridiane und Breitenkreise der Kugel trägt, eine durchsichtige Zelluloidscheibe mit derselben Zeichnung. Die Hauptoperation besteht in der Drehung der Zelluloidscheibe gegen die darunter liegende Pappscheibe und der Beobachtung sich überdeckender Punkte des festen und des drehbaren Liniennetzes. So vortrefflich diese Meßkarte für viele Zwecke ist, sie hat doch den Übelstand, daß die Zelluloidscheibe sich verzieht und daß infolgedessen eine Genauigkeit, die über den vollen Grad hinausgeht, schwer zu erreichen ist. Man würde die verschiedensten Maßnahmen treffen können, um die Genauigkeit des Arbeitens mit der stereographischen Projektion zu erhöhen. Zunächst ist es nach meiner Erfahrung vorteilhaft und durchaus nicht unbequem, die Zelluloidscheibe durch ein auswechselbares Blatt Pauspapier zu ersetzen, auf das man immer die gerade notwendigen Stücke des Koordinatennetzes

[1]) Meßkarte zur Auflösung sphärischer Dreiecke. Berlin, Dietrich Reimer 1905. Preis 3 M.

durchpaust. Freilich muß man dann dafür sorgen, daß man das Pauspapier zentrisch zur festen Projektion auf der Pappscheibe drehen kann.

Ganz unabhängig von der mechanischen Ausführung der Drehung und der Verziehung würde man, wenn man auf die feste stereographische Projektion gleich — nur etwa in anderer Farbe — ein Netz von Polarkoordinaten mit aufzeichnete und, statt die Drehung wirklich zu vollziehen, in diesem Netz bei festgehaltenem Radiusvektor um den betreffenden Drehungswinkel im Kreise herumginge.

Wenn man letztere (praktisch ungünstige) Anordnung in Gedanken verfolgt, so kommt man aber leicht auf eine Abänderung, die die stereographische Projektion verläßt und das Wesen des neuen, hier zu beschreibenden Transformators ausmacht. Statt nämlich Radiusvektor und Amplitude als Polarkoordinaten aufzutragen, kann man den Radiusvektor als Abszisse, die Amplitude ungeachtet ihres Winkelcharakters als Ordinate eines rechtwinkligen Koordinatensystems benutzen. Damit transformiert sich das ganze stereographische Netz in eine neue Gestalt, und das, was in dem ursprünglichen Netz Drehung war, wird jetzt Verschiebung parallel zur Ordinatenachse. Die neue Anordnung ist darum vorteilhafter als die alte, weil ein rechtwinkliges Koordinatensystem leichter herzustellen ist als ein System von Polarkoordinaten, und weil eine Verschiebung in einem rechtwinkligen Koordinatensystem einfacher zu bewerkstelligen ist als eine Drehung im Polarsystem.

Wenn damit die allgemeine Absicht des neuen Transformators bezeichnet ist, so führt eine zweite Überlegung auf seine genauere Anordnung in unmittelbarem Anschluß an die astronomische Aufgabe.

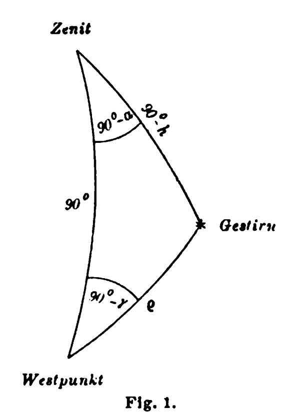


Fig. 1.

Der Übergang vom Horizontalsystem zum Äquatorialsystem, von Höhe und Azimut einerseits zu Deklination und Stundenwinkel andrerseits, geschieht, indem man um die Ost-Westlinie eine Drehung ausführt, deren Betrag gleich dem Winkel zwischen Horizont und Äquator, also gleich dem Komplement der geographischen Breite ist. Die Verwandlung von Horizontal- in Äquatorial-Koordinaten läßt sich dieser Vorstellung gemäß folgendermaßen in Formeln fassen. Wenn man einen Punkt am Himmel durch seine Höhe h und sein Azimut a fixiert, so kann man ausrechnen, welchen Abstand ϱ dieser Punkt vom Westpunkt hat und welchen Winkel γ die Richtung von ϱ mit dem Horizont bildet. Es geschieht dies nach den aus Fig. 1 folgenden Formeln

$$\sin\varrho\cos\gamma = \cos h\cos a \qquad \sin\varrho\sin\gamma = \sin h \qquad \cos\varrho = \cos h\sin a. \qquad 1)$$

Wendet man dieselben Formeln auf die Deklination δ und den Stundenwinkel t unseres Punktes an, berechnet also ϱ' und γ' nach

$$\sin\varrho'\cos\gamma' = \cos\delta\cos t \qquad \sin\varrho'\sin\gamma' = \sin\delta \qquad \cos\varrho' = \cos\delta\sin t, \qquad 2)$$

so muß ϱ' wieder den Abstand unseres Punktes vom Westpunkt geben; es muß somit

$$\varrho = \varrho' \qquad 3)$$

sein, und es muß γ' den Winkel zwischen der Richtung von ϱ und dem Äquator bedeuten; es muß also nach dem geschilderten Übergang von Horizontal- zu Äquatorial-System

$$\gamma = \gamma' + (90^0 - \varphi) \qquad 4)$$

sein, wobei φ die geographische Breite ist.

Die Formeln 1) bis 4) sind es, die den Übergang zwischen den beiden Koordinatensystemen vermitteln. Der Transformator entsteht, indem man die Formeln ins Graphische übersetzt. Man wähle ϱ als Abszisse und γ als Ordinate und konstruiere die Kurven konstanter Höhe h:

$$\sin \varrho \cdot \sin \gamma = \sin h = \text{konst.}, \qquad 5)$$

sowie die Kurven konstanten Azimuts a:

$$\operatorname{tg} \varrho \cdot \cos \gamma = \operatorname{cotg} a = \text{konst.} \qquad 6)$$

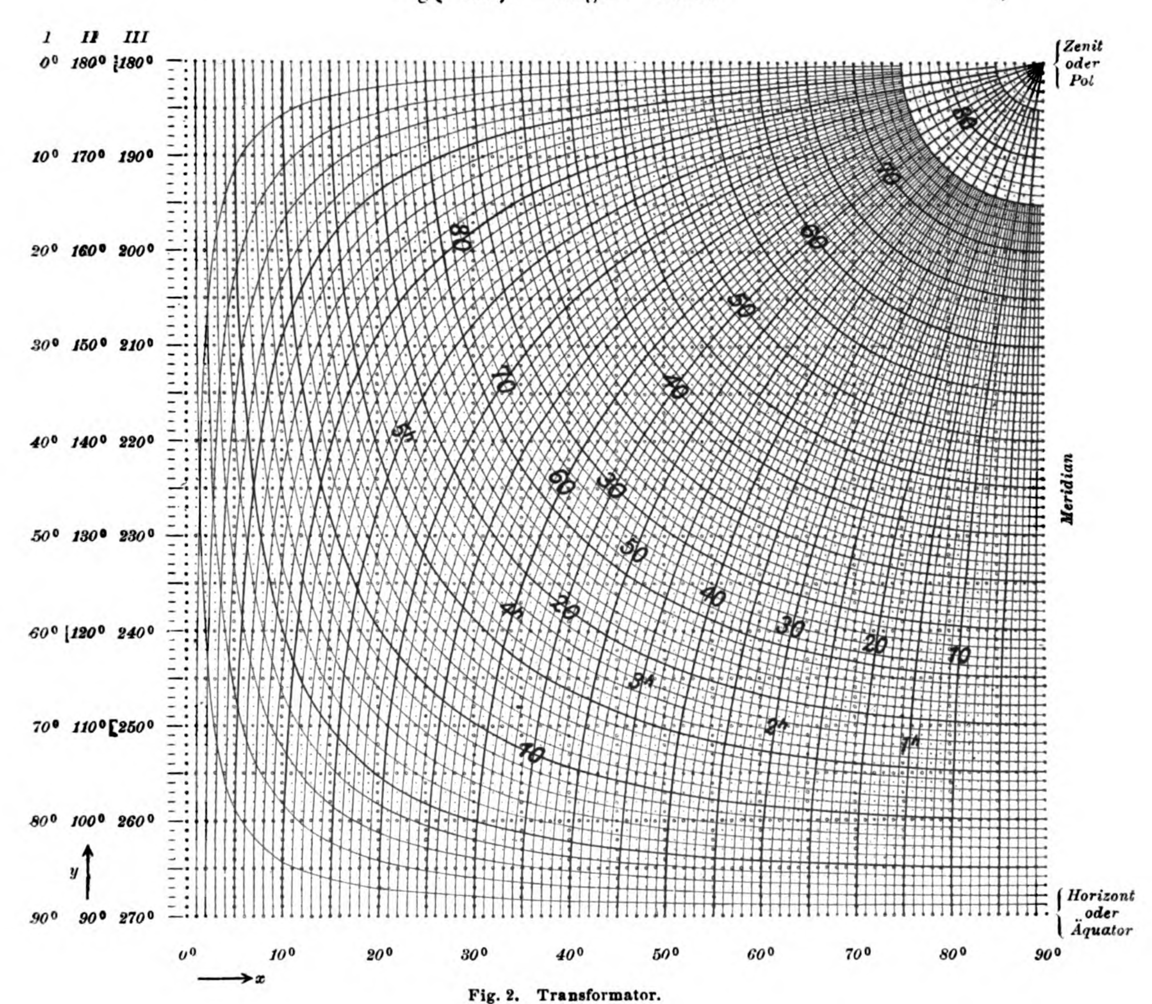


Fig. 2. Transformator.

Das Aussehen des entstehenden Kurvensystems ist in Fig. 2 dargestellt, wobei das Intervall von h und a zu 1^0 gewählt ist. Man kann das Diagramm beliebig als für irgend einen Oktanten des Himmels gültig ansehen. Man unterscheidet ohne weiteres die im Zenit einmündenden Azimutlinien von den das Zenit umkreisenden Höhenkurven. Unten im Diagramm ist die Abszisse $x = \varrho$ vermerkt. Als Ordinate ist nicht γ selbst, sondern $y = \gamma + 90^0$ angeschrieben, um auch für den Südhimmel positive Werte der Ordinate zu erhalten.

Das so entstandene Diagramm kann man aber noch in einer zweiten Weise lesen. Man kann die Höhenkurven als Deklinationskurven, die Azimutkurven als Kurven gleichen Stundenwinkels auffassen; dann bedeutet die Abszisse nicht mehr

den Winkel $\gamma + 90^0$, sondern den Winkel $\gamma' + 90^0$, und der ganze Sinn des Diagramms wird daher folgender: *Jeder Stelle des Himmels, jedem Gestirn in einem bestimmten Zeitmoment entsprechen zwei Punkte des Diagramms, je nachdem man mit den Horizontal- oder den Äquatorial-Koordinaten eingeht. Der Punkt, welcher die Horizontalkoordinaten bezeichnet, liegt um das Komplement der Polhöhe ($90^0 - \varphi$) über dem Punkt, welcher die Äquatorial-Koordinaten bezeichnet. Beide Punkte haben also dieselbe Abszisse x, ihre Ordinaten y unterscheiden sich um $90^0 - \varphi$. Mit dieser einfachen Regel ist die praktische Verwendung des Transformators im wesentlichen gegeben.*

Die Verwendung soll zuerst erläutert werden an der Aufgabe, für welche der Transformator vor allem bestimmt ist, *der Ableitung einer Standlinie aus einer beobachteten Sonnenhöhe.* Es sei zur M.E.Z. T die Sonnenhöhe h beobachtet. Man verwandelt die M.E.Z. in wahre Greenwich-Zeit, indem man eine Stunde und außerdem die Zeitgleichung subtrahiert. Nun macht man zwei Hypothesen über die Länge des Beobachtungsortes gegen Greenwich. Sind l_1 und l_2 die beiden angenommenen Längen, so gibt die Summe

$$\text{W. Gr.-Z.} + l_1 = t_1 \qquad \text{bezw.} \qquad \text{W. Gr.-Z.} + l_2 = t_2$$

die zugehörigen Stundenwinkel der Sonne. Man behandle zunächst die erste Hypothese weiter. Der Stundenwinkel t_1 verbunden mit der bekannten Sonnendeklination δ gibt einen Punkt im Transformator, dessen rechtwinklige Koordinaten x, y man abliest. Nun geht man bei derselben Abszisse x senkrecht nach oben, bis man auf die der beobachteten Höhe h entsprechende Höhenkurve trifft. Man liest die Ordinate Y des so gefundenen Punktes ab und hat dann $Y - y = 90^0 - \varphi_1$, womit φ_1 bekannt ist. Die Länge l_1 verbunden mit φ_1 gibt einen Punkt der Standlinie. Ebenso gibt l_2, φ_2 einen zweiten Punkt der Standlinie. Trägt man beide in die Karte ein und verbindet sie geradlinig, so ist die Aufgabe gelöst.

Die Ableitung eines Standpunktes aus einer beobachteten Sonnenhöhe und einem beobachteten magnetischen Sonnenazimut schließt sich unmittelbar an die eben behandelte Aufgabe an. Man verfährt zunächst genau wie vorher, liest nur für den Punkt der Abszisse x auf der Höhenkurve h außer der Ordinate Y auch gleich noch an der Schar der Azimutkurven das astronomische Azimut a ab. Sind a_1 und a_2 die Azimutwerte für beide Hypothesen, $\varDelta a_1$ und $\varDelta a_2$ die einer Karte der magnetischen Deklination zu entnehmenden Beträge der magnetischen Deklination (in Deutschland stets positiv) an den beiden Stellen l_1, φ_1 bezw. l_2, φ_2, so sind $a_1 + \varDelta a_1 = A_1$ und $a_2 + \varDelta a_2 = A_2$ die Werte des magnetischen Azimuts an den beiden Stellen der Standlinie. Das beobachtete magnetische Azimut A ergibt nach den Interpolationsformeln

$$l = l_1 + \frac{A - A_1}{A_2 - A_1}(l_2 - l_1), \qquad \varphi = \varphi_1 + \frac{A - A_1}{A_2 - A_1}(\varphi_2 - \varphi_1)$$

Länge l und Breite φ des Standpunktes.

Eine dritte Aufgabe, *die Ableitung der Länge aus einer Gestirnshöhe h bei bekannter Breite φ*, wird für unsern Transformator etwas umständlicher. Man hat dann die Höhenkurve h und die der bekannten Gestirnsdeklination δ entsprechende Deklinationskurve im Transformator zu verfolgen und zuzusehen, wo zwei senkrecht über einander liegende Punkte beider Kurven den gegebenen Abstand $90^0 - \varphi$ haben. Man würde hier daran denken können, wie bei dem Kohlschütterschen Transformator, eine durchsichtige Kopie des ganzen Transformators zu benutzen, die man um $90^0 - \varphi$ nach unten zu verschieben hätte, um dann den Schnitt der h-Kurve auf der Kopie mit der δ-Kurve auf der Unterlage festzustellen. Oder einfacher, man würde auf einem

durchsichtigen Lineal die Strecke $90^0 - \varphi$ abtragen und das untere Ende der Strecke längs der δ-Kurve verschieben und sehen, wann bei senkrecht gehaltenem Lineal das obere Ende auf die h-Kurve fiele. Das beste ist aber nach meiner Erfahrung hier wieder die Benutzung eines Stückchens Pauspapier von ein paar Zentimeter Größe. Man findet im Augenblick, welches Stück der h-Kurve innerhalb eines quadratischen Areals des Transformators von etwa 10^0 Seitenlänge in Betracht kommt. Man zeichnet auf das Pauspapier die nächstliegenden ganzen Zehnergrade der Abszissen- und Ordinateneinteilung als quadratische Umrahmung ab und paust das dieses Quadrat durchziehende Stück der Höhenkurve durch. Mit Hülfe der quadratischen Umrahmung kann man leicht das Stück Pauspapier um $90^0 - \varphi$ nach unten verschieben, den Schnitt der durchgepausten Höhenkurve mit der δ-Kurve des Transformators aufsuchen und den Stundenwinkel des Schnittpunktes ablesen, woraus die geographische Länge auf bekannte Weise folgt.

Es ist zu dieser dritten Aufgabe zu bemerken, daß sie an Stelle der ersten auftritt, wenn sich die Sonne bei Beobachtung ihrer Höhe nahe dem 1. Vertikal befindet. Man wird dann nämlich zwei Hypothesen über die geographische Breite machen und daraus auf die eben beschriebene Weise die zugehörigen Längen ableiten.

Die hier besprochenen Aufgaben lösen zugleich auch alle Aufgaben über das sphärische Dreieck, wofern man bedenkt, daß das astronomische Hauptdreieck Pol — Zenit — Stern, das hier behandelt wurde, ein beliebiges sphärisches Dreieck ist.

Was die *praktische Herstellung des Transformators* angeht, so wurden für von Grad zu Grad fortschreitende h und a nach den Formeln 5) und 6) genügend viele Wertepaare φ, γ gerechnet, um durch deren Eintragung in Millimeterpapier die Kurven zeichnen zu können. Der Maßstab der ursprünglichen Zeichnung betrug 5 *mm* für 1^0 in φ und γ. Die rechtwinkligen Koordinaten wurden noch dadurch herausgehoben, daß die vollen Grade in φ und γ durch Punkte, jeder fünfte Grad in beiden Koordinaten durch einen kleinen Kreis bezeichnet wurde, wie das aus Fig. 2 zu sehen ist. Für Ballonzwecke wurde die Zeichnung noch photographisch auf die Hälfte verkleinert. *Der Bogengrad am Himmel erscheint dann auf dem Transformator mindestens 2,5 mm grofs, und es läfst sich bei genügender Sorgfalt auf $0{,}1^0$ genau ablesen.* Es würde genügen, nur einen einzigen Oktanten des Himmels abzubilden, sodaß der Transformator auf einem einzigen Blatt von etwa 25×25 *cm* Größe unterzubringen wäre. Dann braucht man aber für die Ordinaten drei verschiedene Skalen, wie sie in Fig. 2 angegeben sind, und es ist dabei zu benutzen

Skale I für negative Deklination,
Skale II für positive Deklination und t oder $a < 90^0$,
Skale III „ „ „ t oder $a > 90^0$.

Bei Lösung der dritten Aufgabe mittels eines Pauspapiers ist dieses umzuwenden (Ober- und Unterseite zu vertauschen), sobald man in eine andere Ordinatenskale übergeht.

Um die hierbei leicht entstehenden Irrtümer zu vermeiden, schien es besonders für Ballonzwecke besser, drei Himmelsoktanten abzubilden, wobei immer dieselben einfachen obigen Regeln gültig bleiben. Die drei Oktanten-Blätter lassen sich zusammenklappen, sodaß der Transformator das Format 25×25 *cm* behält. Auf der Rückseite wurden dann noch alle Angaben vereinigt, die man zur Ortsbestimmung mit Hülfe der Sonne braucht, nämlich

1. Eine Tafel der Sonnendeklination.

2. Eine Tafel der Größe: 1^h + Zeitgleichung (das ist die Korrektion, die man an die beobachtete M.E.Z. anzubringen hat, um wahre Greenwich-Zeit zu erhalten).

Beide Tafeln sind für 12^h M.E.Z. jeden Mittags des Jahres 1910 gerechnet. Sie gelten für das Jahr 1909 um 6^h M.E.Z. früh und für das Jahr 1911 um 6^h M.E.Z. abends. Die Tafeln in dieser einfachen Anordnung stammen von Dr. O. Birck.

3. Eine Tafel der magnetischen Deklination im Anschluß an A. Markuse.

Schließlich ist noch eine kurze Erläuterung des Transformators nebst Rechenschema und Beispiel für die obigen Aufgaben hinzugefügt[1]).

Referate.

Der Entfernungsmesser mit kurzer Basis und die Prinzipien seiner Konstruktion.

Von H. D. Taylor. *Engineering* **87.** *S. 140, 205. 1909.*

Von diesen beiden Mitteilungen (Abschn. IV und V; vgl. auch *diese Zeitschr.* **29.** *S. 80. 1909*) beschreibt nun die erste den Cookeschen Marine-Entfernungsmesser, die zweite den Cookeschen militärischen Entfernungsmesser; die Beschreibung ist auch von genügenden Abbildungen begleitet. Die Konstruktionsprinzipien bei beiden Anwendungen sind schon deshalb sehr verschieden, weil im ersten Fall, bei Aufstellung des Instruments auf einem Schiff, es auf das Gewicht fast gar nicht ankommt, während im zweiten Fall, beim Feldgebrauch des Instruments, eine gewisse Gewichtsgrenze nicht überschritten werden darf.

Das *Marine*-Instrument enthält nur *ein* Fernrohr von 70 *mm* Öffnung; durch ein kleines Pentagonprisma gebrochen, geht die Zielung gegen die rechte Endbüchse, wo sie durch zwei Spiegel und einen 45°-(90°-)Winkelspiegel gegen das Objekt gerichtet wird. In der linken Endbüchse sitzt in derselben Lage wie in der rechten ein zweiter Winkelspiegel. Die beiden Büchsen sind an den Enden eines innern Rohrs befestigt. In der rechten Büchse befinden sich das „Nullprisma" und das drehbare Prisma, mit dem die Koinzidenz der beiden Bilder hergestellt wird. Die Entfernung wird auf einer Elfenbeinskale direkt abgelesen, die im obern Teil des Gesichtsfelds des Fernrohrs sichtbar wird. Das innere Rohr ist zur sichern Vermeidung „innerer Refraktion" mit einer doppelten Hülle von Flanell und Leder überzogen; das äußere Rohr und die Büchsen tragen ebenfalls Lederüberzug.

Bei dem *militärischen* Entfernungsmesser ist zur Gewichtsersparnis das äußere geschlossene Rohr ganz verlassen, und es sind drei parallele Stahlröhren von nur 13 *mm* äußerem Durchmesser angeordnet. Wenn das Instrument im Gebrauch ist, so liegt eine der Röhren oben, über dem Raum, durch den der Lichtstrahl vom rechten Winkelspiegel herkommt, die zwei andern Röhren tiefer, vorn und hinten. Der Lichtstrahl vom rechten Winkelspiegel zum Fernrohr geht also durch die freie Luft, die zwischen den drei Stäben zirkuliert. Ein Kästchen, nicht weit vom linken Ende des Instruments, ist mit einem Fernrohr versehen, durch das der Lichtstrahl von dem entfernten Objekt eintritt; er wird durch den linken Winkelspiegel in dem Kästchen um 90° abgelenkt und tritt durch das drehbare Prisma in die untere Hälfte des Fernrohrobjektivs. Das Fernrohr ist durch ein Prisma unmittelbar hinter dem Okular gebrochen. Auch dieses Instrument wird im Original in allen Einzelheiten, auf die hier nicht eingegangen werden kann, genau beschrieben.

Versuchsmessungen über die Leistungen beider Instrumente sind in der Abhandlung nicht mitgeteilt. *Hammer.*

[1]) Interessenten besorgt der Verfasser einzelne Exemplare des Transformators zum Preis von 6 M.

Die Nivellements II. Ordnung für die neue topographische Karte von Württemberg.

Von C. Regelmann. *Württemb. Jahrb. f. Statistik u. Landeskunde 1908. S. 105.*

Nach einer geschichtlichen Einleitung (zu der bemerkt sei, daß die ältere, schon vor mehr als 40 Jahren in Württemberg begonnenen Nivellierungen mit ± 3,1 *mm* mittlerem *km*-Fehler im heutigen Sinne weder als Präzisionsnivellements, noch als I. O., noch gar als „Präzisionsnivellements I. O." bezeichnet werden können; ebensowenig kann man die 1887 bis 1894 auf den Staatsbahnen ausgeführten Ergänzungsnivellierungen mit noch größerem gestattetem m. F. als „Feinnivellement" bezeichnen) und Angaben über die Bezeichnung der neuen Höhenfestpunkte II. O. wird der Nivellierapparat für diese von der Topographischen Abteilung des Kgl. Statistischen Landesamts (seit einiger Zeit durch eine besondere Nivellierabteilung daselbst) als Grundlage der Höhenaufnahmen für die neue topographische Karte von Württemberg 1 : 2500 und 1 : 25000 ausgeführten und noch auszuführenden Punkteinwägungen II. O. beschrieben. Es werden zwei Tesdorpfsche Instrument-Typen verwendet; das größere Nivellier, in zwei Exemplaren vorhanden, hat ein Fernrohr von 32 *mm* Öffnung, 33 *cm* Brennweite und 36-facher Vergrößerung. Die Libelle soll 2 *mm*-Teilung und 7" Teilwert (also $R = 59\ m$) haben. Das Fernrohr ist in Lagerringen drehbar, die Libelle (Wendelibelle) fest mit dem Fernrohr verbunden. Feinhebeschraube ist selbstverständlich vorgesehen. Das kleinere Nivellier, in 15 Exemplaren vorhanden, hat ein Fernrohr von 30 *mm* Öffnung, 27 *cm* Brennweite, 30-facher Vergrößerung. Die Libelle auf dem Fernrohr hat 11" Empfindlichkeit auf den 2 *mm*-Strich, was $R =$ etwa 37 *m* entsprechen würde. Auch hier ist Feinschraube vorhanden[1]). Zu der „elastischen Patenthorizontalstellung" darf ich wohl bemerken, daß ich Tesdorpf zu deren Aufgeben veranlaßt habe; über die „stachelartigen Fußzacken" der Bodenplatte für die Latte vgl. *diese Zeitschr.* ***28.*** *S. 15. 1908.* Das Muster zu der Nivellierlatte Fig. 6 hat Tesdorpf vom Ref. erhalten, ebenso die Art der raschen Unterteilung (Schablone) der *dm*-Felder.

Was das Nivellierverfahren angeht (Abschn. IV), so sollte m. A. nach bei II. O. *ausschließlich* mit *einspielender* Libelle und *mm*-Schätzung an der *cm*-Latte gearbeitet werden, wie es ja auch fast stets geschehen ist; schon mit Rücksicht auf die Vereinfachung der Rechenarbeit. Die Untersuchung der Lattenlängen (Abschn. V) wird genügend durchgeführt; daß anfänglich Normalmeter als Endmaße (Schneiden) dazu gebraucht wurden, ist aber schwer verständlich. Die Angabe des Verf., es haben „die Latten in den Sommermonaten durchaus ein Anwachsen der nominellen Meterlänge" gezeigt; „sie waren nach der Rückkehr *stets größer*", wird durch die als Beispiel mit Fig. 8 angeführte Latte 39c nicht bestätigt: die Latten-*Korrektion* der mit dieser Latte bestimmten Höhenunterschiede ist vom 2. Mai bis 28. Oktober 1907 von + 0,38 *mm* auf + 0,63 *mm* pro Meter gestiegen, d. h. doch, das Lattenmeter ist *kürzer* geworden. Abschn. VI bespricht die vorläufige, Abschn. VII die endgültige Ausgleichung der Netze II. O. Bei dieser wird zur Gewichtsbestimmung der einzelnen Strecken die bekannte Form

$$m^2 = (\mu \sqrt{s})^2 + (\lambda h)^2$$

für das Quadrat des m. F. des Höhenunterschieds verwendet; zuerst setzte der Verf. μ (nicht $\mu \sqrt{s}$, wie es *S. 116* heißt) gleich 6 *mm*, später gleich 9 *mm*, je bei s in *km*, ferner λ zuerst gleich 0,3 *mm*, später bei besserer Lattenvergleichung gleich 0,2 *mm*; als Gewichtsreziproken werden die Werte $\frac{1}{p} = \frac{m^2}{100}$ genommen. Welchen Vorteil die *S. 116* gewählte, von der üblichen abweichende Schreibweise der Korrelatenausdrücke

$$\left(\vartheta_i = a_i \frac{k_1}{p_i} + b_i \frac{k_2}{p_i} + c_i \frac{k_3}{p_i} + \ldots\right)$$

[1]) Bei den Abbildungen der Instrumente begegnet dem Verf. das Versehen, daß das kleinere Nivellier zweimal in verschiedenen Aufnahmen dargestellt wird, das größere, auf das sich angeblich Fig. 3 bezieht, aber gar nicht.

bringen soll, ist nicht ersichtlich. In dem Zahlenbeispiel *S. 119* stimmen, nebenbei bemerkt, die Werte $\frac{\delta}{\sqrt{s}}$ und $\frac{\delta^2}{x}$ in den letzten Stellen meist nicht zusammen.

Als Nachweis der erlangten Genauigkeit werden in Abschn. VIII die mittlern 1 *km*-Fehler *m* für 15 größere Netze mitgeteilt, die sich allerdings in sehr weiten Grenzen, zwischen $2^1/_2$ und 14 *mm*, bewegen; im Durchschnitt dieser Netze ist *m* rund ± 7 *mm*, also recht befriedigend. Man sollte in der Tat m. A. nach *keine weitergehenden* Anforderungen an das Netz II. O. einer allgemeinen Landeshöhenaufnahme stellen. In den vom Ref. entworfenen „Anweisungen" für die Höhenaufnahme zu der neuen topographischen Karte von Württemberg vom April 1891 ist als m. 1 *km*-Fehler für die Nivellierungen II. O. ± 6 *mm*, als Maximal-Fehler ± 15 *mm*, bei wenig geneigten Strecken, angesetzt; der Maximalfehler darf bei stark geneigten Strecken bis zu ± 23 *mm* steigen.

Über den Anschluß der württembergischen N. N.-Höhen an die N. N.-Höhen der Nachbarstaaten (Abschn. IX) wird auch der Ref. sich demnächst aussprechen.

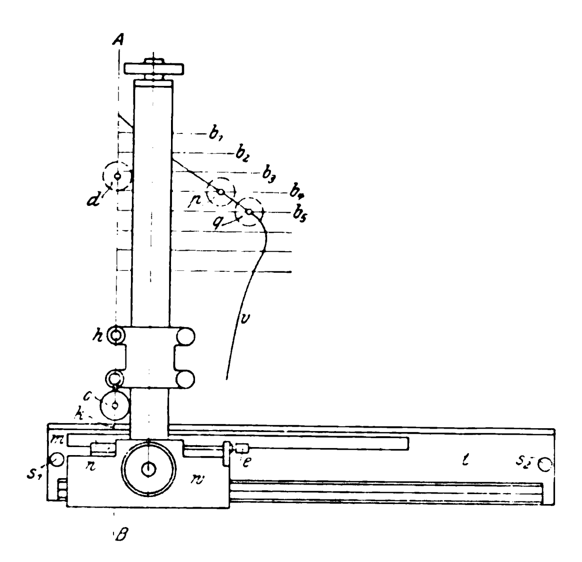
Hammer.

Meß- und Teilschiene und ihre Anwendung.

Von A. Wagener. *Zeitschr. d. Ver. Deutsch. Ing.* ***53.*** *S. 2086. 1909.*

Die Firma F. Ernecke in Berlin-Tempelhof hat unlängst eine von A. Wagener für das Maschinenlaboratorium der Kgl. Technischen Hochschule in Danzig konstruierte Meß- und Teilschiene ausgeführt. Dieselbe soll zum bequemen und raschen Ausmessen von Diagrammen sowie zum Zeichnen von Koordinatennetzen dienen. Die Grundanordnung des Instruments ist aus beistehender Figur ersichtlich.

Eine Stahlschiene *t* trägt einen Schlitten *w*, welcher sich mittels Zahnstange und Trieb parallel zur oberen Kante der Schiene verschieben läßt. Das Maß der Verschiebung wird an einer Teilung *m* durch den Nonius *n* abgelesen, der durch eine Schraube *e* noch um etwa 10 *mm* in der Teilrichtung verschoben werden kann, um die Ablesung für die Anfangsstellung des Schlittens in bequemer Weise auf rundes Maß zu bringen. Durch Niederbewegen zweier mit scharfen Spitzen versehenen Schrauben s_1 und s_2 kann die Stahlschiene auf dem Diagrammblatt gegen Verschiebung gesichert werden. Am Schlitten *w* ist ein Lineal mit prismatischem Führungsquerschnitt befestigt, dessen Achse genau senkrecht zur Führungsrichtung der Grundschiene justierbar ist und gleichzeitig etwas Beweglichkeit senkrecht zur Diagrammebene besitzt, damit die vorn angebrachte Laufrolle an Unebenheiten keinen Widerstand findet. Auf dem Lineal ist von Hand ein Schlitten verschiebbar, der in zwei Klemmvorrichtungen je nach Bedarf ein Mikroskop *c* oder eine Schreibvorrichtung *h* aufnehmen kann.



Die Auswertung eines Diagrammes hat folgenden Verlauf. Stellt *v* in der Figur die auszumessende Kurve dar und *AB* die zugehörige *x*-Achse, so sind zunächst mit dem Instrument die Ordinaten b_1, b_2, b_3 .... zu ziehen. Dabei muß *AB* parallel zur Führungsrichtung von *t* stehen. Alsdann wird das Diagrammblatt um 90° gedreht, also in die auf der Figur gezeichnete Stellung zum Apparat gebracht. Man beachtet dabei, daß *AB* in die Nähe der Nullmarke *k* zu liegen kommt, weil nur dann die geringe Seitenbewegung des Nonius für

die Einstellung auf runde Ablesung genügt. Die Schiene t wird einstweilen mit der Schraube s_1 allein befestigt, um den senkrechten Schenkel durch Anvisieren von AB mit dem Mikroskop parallel zur x-Achse richten zu können. Erst wenn dies geschehen ist, wird t noch durch die zweite Spitzenschraube s_2 festgelegt. Der Vorgang der Ordinatenmessung bedarf keiner Erläuterung.

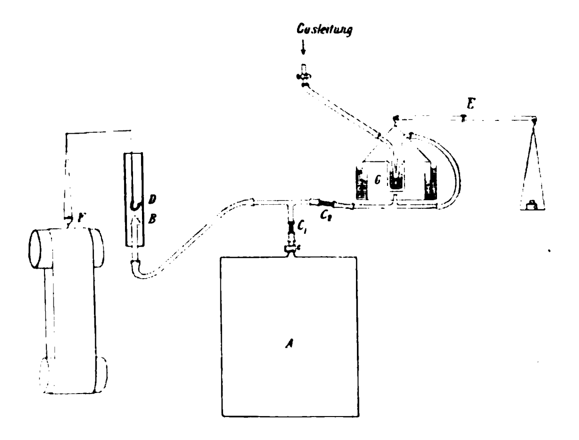
Das Einstell-Mikroskop vergrößert 5-fach linear und trägt im Durchschnitt der optischen Achse mit der Bildebene auf einer Glasplatte einen feinen schwarzen Punkt, welcher jeweils auf die Kurvenmitte einzustellen ist. Aus der verschiedenen Neigung der zu messenden Kurvenelemente zur Abszissen-Achse entspringt eine besondere Einstellungs-Unsicherheit. Nach den bisherigen Versuchen scheint es indes möglich, selbst bei extremen Neigungswinkeln zwischen 80 und 88 Grad die Messungsunsicherheit innerhalb 0,1 *mm* zu halten, vorausgesetzt, daß die Kurve gut definiert ist. Der Konstrukteur beabsichtigt, den Apparat einerseits noch mit größerer Ablesungs- und Einstellungs-Genauigkeit auszustatten und andererseits für weniger genaue Zwecke zu vereinfachen. *G.*

Der Variograph, ein Instrument zur Registrierung der Änderungsgeschwindigkeit des Luftdruckes.

Von W. Schmidt. *Sitzungsber. d. Wiener Akad.* **118**, *IIa. S. 885. 1909.*

Da die Bestimmung der Luftdruckänderungen mit den bekannten Variometern eine starke Verzerrung der tatsächlichen Verhältnisse liefert, so will der Verf. statt der Luftdruckänderungen selbst die Änderungsgeschwindigkeit des Luftdruckes registrieren. Er bedient sich hierzu der in der Figur schematisch wiedergegebenen Vorrichtung.

Ein Zinkblechgefäß A von nahezu 40 l Inhalt ist mit Leuchtgas gefüllt und durch Einpacken in Isoliermaterial gegen schnelle Temperaturschwankungen tunlichst geschützt. Von dem Gefäß führt eine Schlauchleitung zum Brenner B, in welche kurz vor dem Gefäß A eine Kapillare C_1 zwecks Ausschaltung sehr schneller Luftdruckschwankungen eingesetzt ist. Die Nachlieferung des in B verbrennenden Gases erfolgt in konstantem Strome durch die Kapillare C_2, hinter welcher dauernd ein gleichbleibender Gasdruck gehalten wird. Dies wird durch Einschaltung eines kleinen Gasometers erreicht, dessen Glocke G durch Aufhängen an einem Wagebalken E nahezu ausbalanciert ist; wird die Gasglocke bei steigendem Gasdruck gehoben, so drosselt sie in der aus der Figur ersichtlichen Weise durch einen Quecksilberverschluß die Gaszufuhr, die sie beim Sinken des Druckes wieder freigibt.



Ist das Gefäß A von der Leitung abgesperrt, so verbrennt also in B in gleichen Zeiten stets eine gleiche Menge Leuchtgas. Wird aber A mit der Leitung verbunden, so wird bei steigendem Luftdruck ein Teil des zugefüllten Gases im Gefäß zurückbehalten; umgekehrt wird das Gefäß A bei fallendem äußeren Luftdruck seinen Überdruck gegen die Atmosphäre in die Gasleitung abgeben. Der Brenner bei B wird also proportional der Änderungsgeschwindigkeit des Luftdrucks ein geringeres oder größeres Gasquantum erhalten, als dem konstanten Gasdruck entspricht und darum eine kleinere oder größere Wärmemenge entwickeln. Dies tritt in den Angaben eines über dem Brenner befindlichen Metallthermometers D in die Erscheinung, welche bei F auf einem berußten Papierstreifen registriert werden.

Auch das beschriebene Instrument besitzt, ebenso wie andere Variometer, infolge der Einschaltung der Kapillaren, mehr aber noch infolge der Benutzung eines Metallthermometers, eine merkliche Trägheit, welche die Aufzeichnungen verzerrt. Verf. gibt an, daß in einem

Falle die Halbierungskonstante, d. h. die Zeit, in welcher sich der Unterschied gegen die schließliche Einstellung auf den halben Betrag erniedrigt, weniger als 50 Sekunden betrug. Er folgert daraus, daß zwar Wellen mit einer Schwingungsdauer von einer Minute noch ziemlich gedämpft sind, solche von 10 Minuten und darüber aber kaum mehr beeinflußt werden.

Daß die Angaben des Metallthermometers den zugeführten Gasmengen proportional sind, sucht Verf. durch eine Eichung des Instruments zu beweisen. Damit die Proportionalität überhaupt statthaben kann, ist es nötig, den Abstand zwischen Flamme und Thermometer nicht zu klein zu wählen. *Schl.*

Beobachtungen über photometrische Genauigkeit.

Von A. E. Kennelly und S. E. Whiting. *Nach einem Vortrage vor der National Electric Light Association (New York), gehalten in Chicago im Mai 1908.*

Die Arbeit beschäftigt sich mit der Bestimmung der Genauigkeit, welche in der homochromen und heterochromen Photometrie mit dem Bunsenschen Photometer (Nr. 1), dem Lummer-Brodhunschen Gleichheitsphotometer mit elliptischem Fleck (Nr. 2), dem Lummer-Brodhunschen Kontrastphotometer ohne Kontrastplatten (Nr. 3) und mit Kontrastplatten (Nr. 4) erreicht wird. Benutzt wurden eine gerade Photometerbank und als gleichgefärbte Lichtquellen zwei mit 3,0 Watt auf 1 HK brennende Kohlefadenlampen, als verschieden gefärbte eine mit 3,9 Watt brennende Kohlefadenlampe und eine mit 1,2 Watt brennende Tantallampe. Die Beleuchtungsstärke auf dem Photometerschirm betrug bei den homochromen Messungen 3, bei den heterochromen 6 Hefner-Lux. An der Untersuchung nahmen 6 Physiker teil. Von diesen beschränkten sich jedoch drei auf Messungen bei Farbengleichheit und mit nur einem Teile der Photometer. Die Beobachter waren nicht alle mit photometrischen Messungen vertraut. Über ihren Farbensinn wird nichts angegeben. Jeder Beobachter machte mit demselben Photometer und demselben Lampenpaar nur eine Messung, die aus 25 unmittelbar hinter einander ausgeführten Einstellungen bestand und etwa 15 Minuten dauerte. Die Ablesungen wurden, ohne daß der Photometriker sie erfuhr, von einem Assistenten gemacht, der nach jeder Einstellung das Photometer abwechselnd nach rechts und links verschob und außerdem die zu einer Einstellung erforderliche Zeit notierte. Ein zweiter Assistent hielt die parallel geschalteten Lampen mittels eines Westonschen Spannungsmessers auf konstanter Spannung (120,2 Volt). Im ganzen wurden 31 Messungsreihen ausgeführt. Das Ergebnis, das in 9 Tabellen mitgeteilt wird, ist folgendes.

Beim Photometrieren der gleichgefärbten Lichtquellen betrugen für die Photometer Nr. 1 bis 4 im Durchschnitt der *wahrscheinliche Fehler f* in der Bestimmung des Lichtstärkenverhältnisses aus *einer* Einstellung $\pm$ 1,5 bezw. 1,0; $0{,}7_5$; 0,5% und die zu einer Einstellung erforderliche *Zeit* 22 bezw. 17; 15; 22 Sekunden. Beim Photometrieren der verschieden gefärbten Lichtquellen waren die entsprechenden Zahlen $\pm$ 1,9; 1,5; 1,9; 1,4% und 14; 17; 16; 17 Sekunden. Verschiedene Beobachter erhielten bei Farbengleichheit z. B. mit den Photometern Nr. 1 und 4 für die Mittelwerte des Lichtstärkenverhältnisses bis zu 7 bezw. $0{,}7_5$% abweichende Zahlen; bei Farbenunterschied waren die maximalen Abweichungen für die vier Photometer der Reihe nach 10; 3; 5; 4%. Die Verf. schließen daraus, daß außer den veränderlichen, von der eigentlichen Einstellungsunsicherheit herrührenden, durch die Größe f gekennzeichneten Fehlern stets noch ein *konstanter persönlicher* Fehler begangen wird; derselbe wird für die Lummer-Brodhunschen Photometer bei den homochromen Vergleichen auf etwa $^1/_2 f$, bei den heterochromen auf etwa $2 f$ geschätzt.

Die Verf. finden also die bekannte Tatsache bestätigt, daß beim Photometrieren gleichfarbiger Lichtquellen das Lummer-Brodhunsche Kontrastphotometer den drei anderen weit überlegen ist. Der weiteren Feststellung jedoch, daß in der heterochromen Photometrie die Lummer-Brodhunschen Photometer dem Bunsenschen Photometer gar nicht oder nur unwesentlich überlegen sind, kann nicht beigepflichtet werden. Da anscheinend mit der größten Sorgfalt photometriert wurde, und da anzunehmen ist, daß nur die geübten Photometriker an den heterochromen Messungen teilnahmen, so läßt sich das überraschende Ergebn nur

durch die Annahme erklären, daß die Tantallampe, wie dies zuweilen vorkommt, während der Versuche Schwankungen in der Lichtstärke zeigte. Überraschend ist ferner, daß auch unter Benutzung der Lummer-Brodhunschen Photometer bei Farbengleichheit konstante persönliche Fehler gefunden wurden. Wenn man mit diesen Photometern die Hälfte der Einstellungen in einer Lage des Photometerkopfes, die andere Hälfte nach Umlegen desselben um 180° macht und in beiden Lagen stets auf dieselbe Stelle bezw. dieselben Stellen der Vergleichsfelder sieht, können solche Fehler nicht auftreten. Wenn Färbungsunterschiede vorhanden sind, hat man bekanntlich bei allen Photometern mit konstanten persönlichen „Fehlern" zu rechnen. In bezug auf die Größe derselben lassen sich jedoch aus den vorliegenden Versuchen sichere Schlüsse nicht ziehen, weil zu wenig Beobachter herangezogen waren, und weil diese, obwohl Lichtstärkeschwankungen nicht ausgeschlossen waren, hintereinander und nicht abwechselnd maßen. Auffallend ist schließlich die relativ lange Zeit, die zu einer Einstellung erforderlich war, sowie das Ergebnis, daß man bei Farbenunterschied durchschnittlich im allgemeinen schneller als bei Farbengleichheit einstellt. *E. Lb.*

Methode zur Prüfung photographischer Momentverschlüsse.

Von A. Campbell und T. Smith. *Phil. Mag.* **18.** *S. 782. 1909.*

Die Verf. benutzen zur Messung der Öffnungsdauer eines Momentverschlusses ein Vibrationsgalvanometer. Das Licht einer Nernst-Lampe N (Fig. 1) fällt auf den Spiegel s eines Vibrationsgalvanometers G, wie es von Campbell beschrieben worden ist (vgl. *diese Zeitschr.* **27.** *S. 354. 1907*); es passiert den Momentverschluß V und wird dann auf eine fallende photographische Platte P projiziert, vor welcher ein horizontaler Schlitz S aufgestellt ist, um die Länge des Lichtbandes zu begrenzen; L_1 und L_2 sind zwei Linsen. Das Vibrationsgalvanometer wird so eingestellt, daß es eine Eigenfrequenz 50 oder 500 pro Sekunde besitzt. Die Zahl der photographierten Sinusschwingungen ergibt dann leicht die Dauer der Verschlußöffnung. Die Auslösung des Momentverschlusses muß durch die fallende Platte selbst erfolgen; zu dem Zweck wird er an einer kleinen Kamera befestigt. Ein Schlitten C (Fig. 2), an dem mittels Streben der vordere Teil der Kamera nebst Verschluß befestigt ist, gleitet zwischen zwei Schienen, welche durch Schrauben E zusammengezogen werden können und dadurch den Schlitten C festklemmen. Der Plattenhalter H hat einen Ansatz M; beim Herabfallen der Platte zwischen zwei Führungsschienen schlägt M auf einen Hebel, unter welchem der Gummiball N des Verschlusses liegt. Dieser Hebel ist an einer durch die Schrauben KK festklemmbaren Leiste L befestigt, die sich in beliebiger Höhe der Fallrinne einstellen läßt. S ist der in Fig. 1 ebenso bezeichnete Schlitz. Durch geringes Verdrehen des Verschlusses um die Achse B können mehrere Aufnahmen nacheinander auf derselben Platte gemacht werden.

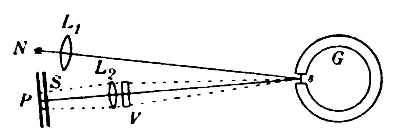


Fig. 1.

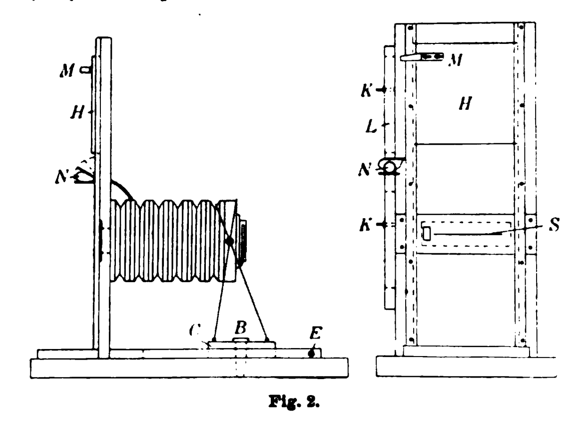
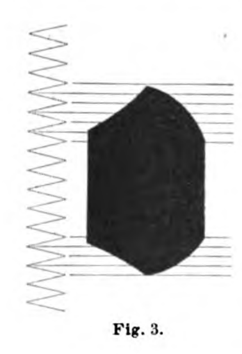


Fig. 2.

Um den „Wirkungsgrad" eines Verschlusses zu definieren, nennen wir A die größte Öffnungsweite, wenn der Verschluß ganz geöffnet ist, a seine Öffnungsweite zu einer beliebigen Zeit t, τ die gesamte Expositionszeit. Dann ist die Zeit T, welche der Belichtung bei voller Öffnung entspricht, offenbar gegeben durch

$$A \cdot T = \int_0^{\tau} a\, dt,$$


Fig. 3.

und

$$\frac{T}{\tau} = \frac{\int_0^\tau a\,dt}{A\tau}$$

ist der Wirkungsgrad. Um ihn zu bestimmen, projiziert man einen leuchtenden Faden durch die Achse des Verschlusses direkt auf die Platte, während man gleichzeitig vom Vibrationsgalvanometer durch eine besondere Lichtquelle, deren Strahlen den Verschluß nicht passieren, Zeitmarken schreiben läßt. Dann ist es leicht, aus der Aufnahme (s. Fig. 3) den Wirkungsgrad zu berechnen. *E. O.*

Elektrometer mit freischwebendem Faden.

Von J. Elster und H. Geitel. *Physikal. Zeitschr.* **10.** *S. 664. 1909.*

Das Elektrometer ist eine verbesserte Form des Behrens-Hankelschen Elektroskops und dient zur Messung sehr geringer Elektrizitätsmengen. Als beweglicher Teil wird statt des Goldblättchens ein metallisch bestäubter Quarzfaden verwandt, wodurch eine Erhöhung der Empfindlichkeit, eine Verringerung der Kapazität und eine schnelle, aperiodisch gedämpfte Einstellung erzielt wird.

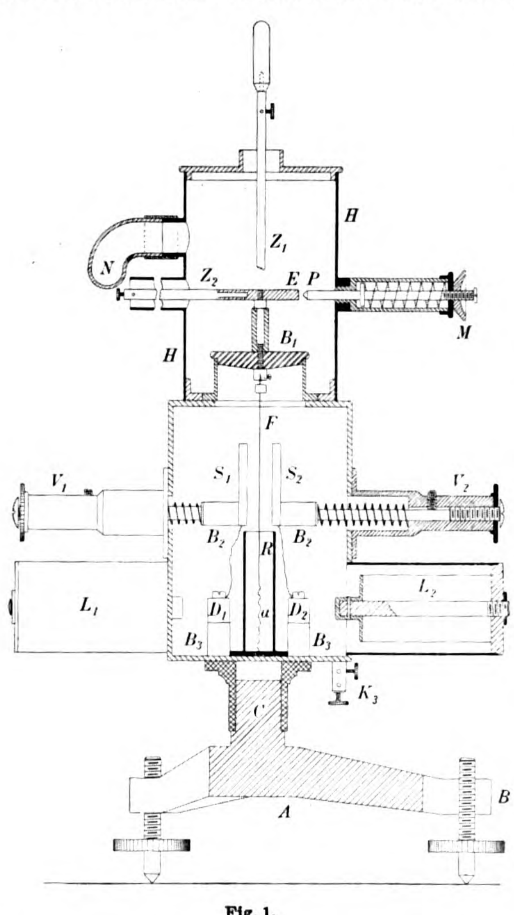


Fig. 1.

Der Quarzfaden F (Fig. 1) von 0,001 *mm* Dicke befindet sich zwischen zwei prismatischen Metallbacken S_1, S_2 (s. auch Fig. 2); diese werden durch eine Hülfsbatterie, deren Mitte mit dem Gehäuse verbunden ist, auf entgegengesetzt gleiche Potentiale aufgeladen. Wird dem Faden z. B. eine positive Ladung zugeführt, so bewegt er sich nach dem Backen mit negativem Potential zu. Die Ablenkung wird mit einem 60-fach vergrößernden Mikroskop mit Okularskale (160 Teilstriche von 0 bis ± 80) gemessen. Der Faden befindet sich mit seinem unteren Drittel in dem metallischen Schutzrohr R, das mit dem Gehäuse leitend verbunden ist; erhält der Faden versehentlich ein zu hohes Potential, so kann er nicht beliebig weit ausschlagen, sondern legt sich an das Schutzrohr und wird entladen. Außerdem ist das untere, etwas beschwerte Ende des Fadens mit einem angekitteten, schlaffen Spinnwebfaden a an dem Boden des Gehäuses befestigt und kann sich nur in gewissen Grenzen frei bewegen. Dank dieser Hemmung läßt sich das Instrument ohne Gefahr für den feinen Quarzfaden transportieren. Der unterste Teil des Quarzfadens ist frei von Metallbestäubung und isoliert vortrefflich, sodaß eine Ableitung der Ladung des metallischen Teils des Fadens über den Spinnefaden zum Gehäuse nicht stattfindet. Übrigens scheint auch der Spinnefaden selbst in dem trockenen Elektrometer gut zu isolieren; bei einem Instrument wurde der Quarzfaden ohne Nachteil durch einen Spinnefaden ersetzt, dessen oberer Teil durch Metallbestäubung leitend gemacht war.

Auf dieses Instrument mit Spinnefaden beziehen sich die folgenden Empfindlichkeitsangaben. Waren die Metallbacken S_1, S_2 auf ein Potential von ± 150 Volt geladen, und befanden sie sich in den äußersten Stellungen, so erzeugte ein an den Faden gelegtes Potential von ± 2 Volt eine Ablenkung von ± 1 Skalenteil, wobei bis ± 30 Volt genaue Proportionalität zwischen Ablenkung und Potential des Fadens bestand. Durch Annähern der Backen S_1 und S_2, was durch Drehen der Mikrometerschrauben V_1 und V_2 bewirkt wird, ließ sich die Empfindlichkeit steigern, bis eine Potentialdifferenz von 0,05 Volt einen einseitigen Ausschlag von 16 Skalenteilen hervorbrachte. Bis zu dieser Empfindlichkeit von 0,003 Volt für 1 Skalenteil beeinflußten die geringfügigen Nullpunktsschwankungen die Genauigkeit der Messung nicht. Bei weiterer Annäherung der Backen aber wurde die Ruhelage des Fadens labil; bei der geringsten Ladung verschwand er aus dem Gesichtsfelde des Mikroskops.

Die Einstellung auf eine bestimmte Empfindlichkeit muß schrittweise geschehen. Man nähert bei abgeleitetem Faden die Backen und stellt sie so ein, bis der Faden auf den Nullpunkt der Skale einspielt, dann beobachtet man den Ausschlag, den eine Spannung der in Betracht kommenden Höhe hervorbringt, nähert wieder bei abgeleitetem Faden die Backen, bestimmt wieder die Empfindlichkeit u. s. f., bis die gewünschte Ausschlaggröße für die Spannung erreicht ist. Bis zu einer Empfindlichkeit von 20 Skalenteilen für 1 Volt läßt sich durch geeignete Verschiebung der Backen erreichen, daß eine positive Ladung des Fadens dieselbe Ablenkung nach der einen Seite hervorruft wie die gleiche negative Ladung nach der anderen Seite. Für höhere Empfindlichkeiten ist diese Einstellung auf Symmetrie der Ausschläge zu umständlich und zeitraubend.

Die Hülfsbatterie ist in Form von zwei Trockensäulen L_1, L_2 in das Instrument eingebaut; die Konstanz der Trockensäulen soll auch bei längerer Versuchsdauer befriedigend sein. Die äußeren Enden der Säule sind durch das Gehäuse miteinander verbunden und bilden die Mitte der Batterie, die inneren Enden (der negative Pol von L_1 und der positive Pol von L_2) sind durch eine Umschaltevorrichtung (Fig. 2) mit den Backen S_1, S_2 verbunden. Die Umschaltevorrichtung gestattet, an die Backen eine äußere Batterie von Elementen oder Akkumulatoren statt der eingebauten Trockensäulen anzulegen, falls etwa die Konstanz der letzteren nicht genügend erscheinen sollte, oder niedrigere Potentiale an den Backen erwünscht sind, um geringere Empfindlichkeit zu erhalten, als die Trockensäulen bei ganz auseinander gezogenen Backen geben. Die Umschaltung wird durch zwei Schieber T_1, T_2 bewirkt, die je zwei auf Bernstein isolierte Kontaktstifte tragen, einen in Richtung des Schiebers und einen quer dazu. Sind die Schieber ganz eingeschoben, so verbinden die ersteren Stifte die Pole der Trockensäule über die isolierten Metallsäulen D_1 bezw. D_2 mit den Backen S; werden die Schieber herausgezogen, so werden diese Verbindungen gelöst, und die Querstifte stellen die Leitung von den Backen zu den Klemmen K_1 und K_2 her, an welche die äußere Batterie angeschlossen wird. Die Klemme K_3 (Fig. 1) dient zur Erdung des Gehäuses und zur Verbindung desselben mit der Mitte der (äußeren) Batterie.

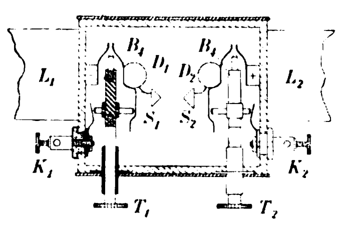


Fig. 2.

Die Umschaltevorrichtung gestattet auch, das Instrument in idiostatischer Schaltung ohne Hülfsbatterie zur Messung höherer Spannungen zu verwenden, indem der eine Backen mit dem Faden, der andere mit dem Gehäuse verbunden wird; auch die anderen Schaltungsweisen des Lutzschen Einfaden-Elektrometers lassen sich bei diesem Instrument herstellen.

Um die Zuleitung des zu messenden Potentials von dem Versuchsapparat zum Faden des Elektrometers vor äußerer elektrischer Einwirkung schützen zu können, hat der Kopf des Elektrometers eine besondere Ausbildung erfahren. Auf das Gehäuse kann ein metallener Schutzzylinder H (Fig. 1) aufgesetzt werden, der dann mit dem geerdeten Gehäuse in leitender Verbindung steht. Durch ein horizontales, 15 *cm* langes seitliches Ansatzrohr[1]) des Schutz-

[1]) In der Figur abgebrochen gezeichnet.

zylinders kann ein Ladestift Z_2 frei eingeführt und an dem Fadenträger durch Bajonettverschluß befestigt werden. Der Versuchsapparat wird dann durch einen kurzen Draht, der ebenfalls frei durch ein geerdetes Metallrohr hindurchgeht, mit der Klemme des Stiftes Z_2 verbunden. Außer der Abschirmung von Influenzwirkung wird durch die metallenen Schutzhüllen noch eine beträchtliche Verminderung des Elektrizitätsverlustes durch Luftleitung erzielt. Läßt sich diese Art der Verbindung nicht anwenden, so kann der durch die obere Öffnung eingeführte Stift Z_1 zur Ladungszuführung dienen, nachdem der Stift Z_2 entfernt ist. Zur Ableitung des Fadenträgers nach dem Gehäuse dient ein dritter Stift, der sich durch Drehen der Mutter M mit seiner Platinspitze P gegen das Platinblättchen E des Fadenträgers sanft anlegen läßt.

Die Kapazität des Fadens mit Fadenträger ohne die Ladestifte beträgt 2 *cm*. Das Elektrometer muß auf einer erschütterungsfreien Unterlage aufgestellt werden, da der dünne Faden leicht in Schwingungen versetzt wird. Sämtliche Isolationen sind aus Bernstein hergestellt (in den Figuren mit B_1 bis B_4 bezeichnet); für die Verwendung des Instruments in feuchten Räumen sind Natrium-Trockenvorrichtungen vorgesehen, von denen eine, mit N bezeichnete, an dem Schutzzylinder H angedeutet ist.

Das Instrument wird von der Firma Günther & Tegetmeyer in Braunschweig hergestellt. *Schg.*

Bücherbesprechungen.

A. Frhr. von Hübl, Die Theorie und Praxis der Farbenphotographie mit Autochromplatten. Heft 60 der „Enzyklopädie der Photographie". 2., umgearb. Aufl. 8°. VIII, 74 S. m. 6 Abbildgn. im Text. Halle, W. Knapp 1909. 2 M.

Der Verf., dessen Name auch auf den verschiedensten Gebieten der Photographie einen guten Klang hat, will in dem vorliegenden Werkchen, wie aus dem Vorwort hervorgeht, dem Praktiker die theoretischen Grundlagen für das Arbeiten mit der Autochromplatte vermitteln. Der Praktiker soll über den Zweck jeder Operation völlig aufgeklärt werden, denn nur so seien Mißerfolge zu vermeiden.

Demgemäß zerfällt auch der zu behandelnde Stoff in zwei Teile: in einen mehr theoretischen, in welchem das Wesen der Autochromplatte erläutert wird, und in einen mehr praktischen, der die genauen Anleitungen für die einzelnen Operationen gibt.

Zunächst wird in einer Einleitung der Zusammenhang des neuen Verfahrens mit den bisherigen Methoden der Dreifarben-Photographie klargestellt. Zu dem Zwecke geht der Verf. etwas näher auf die bisher üblichen Methoden ein, wobei er dem additiven Verfahren von Miethe, der Dreifarbenprojektion, die erste Stelle einräumt. Nach diesem Verfahren würden wohl Bilder von bestechender Farbenpracht erzielt, jedoch entsprechen diese Dreifarben-Lichtbilder nach Ansicht des Verf. nur selten in bezug auf Kolorittreue höher gestellten Ansprüchen. Am Schlusse dieses Referates soll noch einmal auf diesen Punkt eingegangen werden.

Im Anschluß an die Erläuterung der Methoden der getrennten Teilbilder bespricht der Verf. die Verfahren der Farbenphotographie mit polychromem Raster, also diejenigen Verfahren, bei denen die Farbenzerlegung durch nur eine Aufnahme und mit nur einer photographischen Platte erfolgt. Angedeutet worden ist dieses Verfahren bereits im Jahre 1869 von Ducos du Hauron, während Prof. Joly in Dublin die ersten brauchbaren Resultate nach dieser Methode erhielt. Später wurde das Jolysche Verfahren von Brasseur verbessert. Doch fand es wenig Beachtung wegen der großen Schwierigkeiten, die sich seiner Einführung in die Praxis entgegenstellten; es war nämlich die Herstellung des Dreifarben-Rasters noch zu kostspielig. Erst die Gebrüder Lumière fanden ein einfaches Verfahren zur Herstellung eines solchen Rasters, welcher nunmehr natürlich dauernd fest mit der empfindlichen Schicht verbunden wurde.

Sodann geht der Verf. auf einige charakteristische Eigenschaften der Dreifarben-Raster ein. Zunächst wird in einfacher Weise, ohne Zuhülfenahme weitläufiger Theorien, die Farbe der Rasterelemente abgeleitet. Da über diese sehr wichtige Frage verschiedene Ansichten bestehen, so soll hier die schöne Darstellung v. Hübls wiedergegeben werden:

„Daß die Farbe aller Körper tatsächlich nur aus drei Komponenten besteht und auf photographischem Wege in diese zerlegbar sein muß, lehrt uns die Beschaffenheit des Spektrums. Die daselbst vorhandenen Farbentöne besitzen eine sehr verschiedene Ausdehnung, und während Rot, Grün und Blau sehr breite, fast gleichmäßig gefärbte Räume einnehmen, sind die Übergangsfarben Gelb und Blaugrün nur in ganz schmalen Zonen vertreten. Die beiden Endfarben des Spektrums, das Rot bis zur Linie *C* und das Violett jenseits *G*, sind so lichtschwach, daß sie in einer Mischung mit den hellen Farben ganz verschwinden.

Diese Tatsachen sind offenbar dadurch begründet, daß die weitaus überwiegende Mehrzahl einheitlich schwingender Lichtstrahlen die Empfindungen Rot, Grün und Blau verursacht, und daß die dem Karminrot und Violett entsprechenden Strahlen einen nur sehr geringen Reiz auf unsern Sehnerv ausüben.

Vom physikalischen Standpunkt kann man daher, ohne einen wesentlichen Fehler zu begehen, annehmen, daß das weiße Licht nur aus drei Komponenten besteht, die den drei Hauptfarben des Spektrums entsprechen, und die als Zinnoberrot, Gelbgrün und Ultramarinblau bezeichnet werden müssen."

Weiter wird dann auf die Entstehung der Mischfarben aus nebeneinander liegenden Rasterelementen eingegangen. Hervorzuheben ist hier der Hinweis darauf, daß diese *additive* Farbenmischung allen Gesetzen der Strahlenmischung streng folgt, während sich bei der Substanzmischung, auf welcher verschiedene Verfahren basieren, das Aussehen der Mischung nicht proportional mit den Quantitäten der gemischten Farbstoffe ändert. Der Verf. kommt zu dem Resultat, daß die Farben auf dem Bilde, das auf der Rasterplatte entstanden ist, in ganz ähnlicher Weise wie die Farben eines Körpers zustande kommen, der von weißem Licht getroffen wird. An Stelle der Absorption tritt vollkommene oder partielle Deckung der Rasterelemente, und in beiden Fällen werden die Farben nur durch das Zusammenwirken von roten, grünen und blauen Strahlen gebildet.

In den folgenden Abschnitten behandelt v. Hübl eingehend die speziellen Eigenschaften der Autochromplatte. Es wird die Herstellungsweise des Rasters beschrieben, dessen Elemente nach Ansicht des Verf. aus angefärbten *Getreidestärke*-Körnchen von 0,01 *mm* Durchmesser bestehen. Ferner wird auch auf die Nachteile des Lumièreschen Kornrasters eingegangen: er läßt nur $^1/_{10}$ des auffallenden Lichtes hindurch; ferner kommt es ziemlich häufig vor, das Elemente gleicher Farbe in größerer Anzahl, bis zu 12 und mehr, zusammenhängend auftreten, was aus den Gesetzen der Wahrscheinlichkeit folgt. Dadurch entsteht eine in den hellen Farben etwas störende Farbenstruktur. Dagegen wird die erstaunlich große Lichtechtheit der Farben hervorgehoben, welche sich nach Ansicht des Verf. dadurch erklärt, daß die Rasterelemente in eine Harzschicht eingebettet und somit gegen den Einfluß der das Ausbleichen befördernden Agentien geschützt sind.

Schließlich kommt v. Hübl im letzten Kapitel des ersten Teiles auf die Bildung von Rasterfarben auf photographischem Wege bei der Autochromplatte zu sprechen: die Farben der Bilder entstehen aus der farblosen Rasterfläche, und das hierzu notwendige Abdecken eines Teiles der Farbenelemente besorgt automatisch der photographische Prozeß. Es wird nun in sehr anschaulicher Weise an der Hand von schematisch dargestellten Schnitten durch die Autochromplatte das Zustandekommen der verschiedensten mehr oder weniger gesättigten Farbentöne erläutert, indem der komplementäre Charakter des zunächst erhaltenen Negativs hervorgehoben und auf den infolgedessen notwendigen Umkehrprozeß des Negativs in ein Positiv mit den nunmehr richtigen Farben hingewiesen wird. Die Antwort auf die Frage nach dem Wesen des Autochrombildes wird in folgender Weise präzisiert:

„Das auf einer Autochromplatte entstandene Bild ist also ein aus Pigmenten gebildetes materielles Dreifarbenbild, dessen Grundfarben den drei Bestandteilen des weißen Lichtes entsprechen, und dessen Teilbilder durch Strahlenmischung vereint werden."

Sodann bespricht der Verf. die auf die Rasterplatten gegossene Emulsion, deren Sensibilisierung und das Kompensationsfilter. Die Bromsilberteilchen besitzen einen Durchmesser von nur 0,001 *mm* und vergrößern sich durch Entwicklung und Verstärkung auf etwa 0,003 *mm*. sodaß zur Bedeckung des Stärkekorns von 0,01 *mm* mehrere Silberkörner nötig sind. Die Dicke der Emulsionsschicht muß sehr gering, etwa 0,01 *mm* dick, gewählt werden, um parallaktische Farbenstörungen nach Möglichkeit zu vermeiden. Trotzdem erscheint eine entwickelte Autochromplatte schon unter einem Winkel von 45° beinahe farblos. Ferner wird aus dem Verlauf der Empfindlichkeitskurve nachgewiesen, daß die bei der Autochromplatte verwendete Emulsion den Charakter einer *Gelatine*-Emulsion besitzt, welche in der auch bei gewöhnlichen Platten üblichen Weise „panchromatisch" gemacht wurde. Die bei panchromatischen Platten immer noch überwiegende Blauempfindlichkeit wird durch ein geeignetes Gelbfilter „kompensiert", das im Verein mit dem Rasterfilterchen die Empfindlichkeit für die drei Hauptstrahlengruppen im Spektrum, Rot, Grün und Blau, fast „isochromatisch" gestaltet. Die drei Bestandteile des weißen Lichtes sind somit gleich wirksam; es bringt also das weiße Licht auch gleiche Schwärzungen hinter den Stärkekörnern hervor, und es wird daher auch Weiß bezw. Grau abgebildet. Der Verf. hebt hier die erstaunlich präzise Abstimmung der Autochromplatte hervor: Sonnenlicht bringt reines Grau hervor, Himmelslicht bläuliches, Mond- und Auer-Licht gelbliches, die Bogenlampe bräunliches und die Glühlampe rotbraunes Grau.

Bei der Empfindlichkeitsabstimmung der Autochromplatten durch Raster und Filter gehen nach Berechnung des Verf. 97 % der ursprünglichen Plattenempfindlichkeit verloren. Die Expositionszeit beträgt bei der Autochromplatte für geringe Helligkeiten das 80-fache, bei großen Helligkeiten das 40-fache der Expositionszeit einer gewöhnlichen Platte, denn die relative Empfindlichkeit ist eine Funktion der Intensität.

Ferner wird das eigentümliche Verhalten der Autochromplatte bei der Abbildung von *homogenen* Farbenerscheinungen erwähnt: in einer Spektrumphotographie fehlt Gelb und Blaugrün nahezu ganz und alle anderen Übergangsfarben vollkommen, trotzdem alle Körperfarben mit erstaunlicher Treue reproduziert werden. Jeder farbige Körper reflektiert eben eine breite Spektralzone, und daher verschwinden die bei der Wiedergabe der einzelnen Spektralfarben gemachten Fehler und heben sich teilweise gegenseitig auf. Dagegen wird das Natriumlicht wieder ganz falsch, nämlich zinnoberrot anstatt gelb, abgebildet.

Den Schluß des ersten Abschnittes bildet eine wiederum recht anschauliche Darstellung der Folgen unrichtiger Exposition, der Verstärkung und des Plattenschleiers unter Zuhülfenahme der erwähnten schematischen Schnitte durch die Autochromplatte. Der Verf. zeigt, wie leicht der Charakter der Autochrombilder durch alle möglichen Umstände beeinflußt wird, und daß man nur bei richtig gewählter Exposition, tunlichster Vermeidung jeder Verstärkung und äußerst vorsichtiger Behandlung der Platten, deren Haltbarkeit leider nur wenige Monate beträgt, tadellose und farbenrichtige Aufnahmen zu erzielen vermag, alles Resultate, die wohl jeder, der auch nur einmal die Autochromplatte versucht hat, vollauf bestätigen kann, und die das sonst so einfache und schöne Verfahren auch heute noch recht kostspielig machen.

Der zweite Teil des Buches beschäftigt sich mit der Praxis der Autochromplatte. Wie v. Hübl im Vorwort selbst sagt, ist dieser Abschnitt lediglich auf die Angaben der Gebr. Lumière aufgebaut, deren Vorschriften trotz vieler Verbesserungsversuche auch heute noch durch kein anderes Verfahren ersetzt werden konnten. Der Praktiker erhält jedoch hier ganz außerordentlich wertvolle neue Fingerzeige für die Herstellung guter Autochrombilder, und wer jemals die schönen nach diesen Vorschriften hergestellten Bilder v. Hübls zu sehen Gelegenheit hatte, wird den großen Wert seiner Rezepte voll zu würdigen wissen.

Den Schluß des Buches bildet das Kapitel über die Resultate und Anwendungen der Autochromplatte. Nach Ansicht des Verf. ist das Verfahren der Gebr. Lumière die einzige aller Methoden der Farbenphotographie, welche das Kolorit der Gemälde richtig wiederzugeben imstande ist; die Gemäldereproduktion stelle in dieser Beziehung die höchsten Anforderungen von allen Aufgaben der Farbenphotographie. Ungleich geringere Ansprüche stelle das Porträt, das Stilleben und die Landschaft. Die überaus glänzenden Resultate, welche hierin bereits mit der Autochromplatte erzielt wurden, sind auf die fast absolute Zwangläufigkeit des ganzen Prozesses zurückzuführen, nur ein einziges Moment, die Belichtungszeit, ist der Willkür des Photographen überlassen. Der Verf. verschweigt aber keineswegs die Mängel der Autochromplatte: die noch relativ lange Expositionszeit, die große Lichtschwäche der Bilder und ihre Nichtkopierbarkeit. Aus diesem Grunde sei auch die Anwendbarkeit des neuen Verfahrens noch eine beschränkte: hauptsächlich wird es der Amateur für seine landschaftlichen Farbenstudien benutzen; ferner wird die Autochromplatte der Wissenschaft, Kunst und Industrie für Demonstrations- und andere Zwecke gute Dienste leisten.

Das vom Verleger schön ausgestattete Werkchen kann jedem Praktiker, der mit der Autochromplatte die besten Resultate erzielen will, nur dringend empfohlen werden. Zwei Druckfehler bezw. Versehen mögen hier noch Erwähnung finden: Auf *S. 56, Z. 6 v. o.* muß es anstatt längerer „kürzerer“ heißen; ferner auf *S. 59, Z. 16 v. u.* sollte es statt „das Bromsilber verliert jede Lichtempfindlichkeit“ eher heißen: das Bromsilber kann so nicht weiter reduziert werden, da auf *S. 60, Z. 5 v. u.* von demselben Bromsilber gesagt wird: „es wird in dieser Lösung nur unter dem Einfluß von hellem Licht rasch und vollständig reduziert“.

Es sei schließlich noch gestattet, auf den einzigen Punkt des vorliegenden Buches hinzuweisen, welcher wohl nicht ganz ungeteilten Beifall finden dürfte. In der Einleitung heißt es nämlich auf *S. 3*: „Die bisherigen Mißerfolge der gesamten Dreifarbenphotographie sind aber nur zum geringsten Teile im Prinzip der Methode zu suchen, sie werden vielmehr fast ausschließlich dadurch bedingt, daß es unmöglich ist, drei Negative und drei Positive von gleicher Gradation anzufertigen.“ Nun ist aber, speziell bei der gleichfalls „additiven“ Methode der Dreifarbenprojektion, von verschiedenen Seiten gezeigt worden, daß man diesen Fehler vermeiden kann, wenn man die Teilbilder auf einer einheitlichen Plattenart aufnimmt und zusammen in den Bädern behandelt. Und wenn man sich einer der Autochromplatte ähnlichen Emulsion bedient und die Abstimmung der Filter und Expositionszeiten in der richtigen Weise vornimmt, so sollte man doch meinen, daß man mindestens dieselben Resultate wie mit der Autochromplatte erhalten kann. Tatsächlich hat ja auch Miethe, der bekanntlich dieses Verfahren zu einer hohen Vollkommenheit ausgebildet hat, auf diese Weise ganz hervorragende Resultate erzielt, wie z. B. seine Vorführungen der Aufnahmen von seiner ägyptischen Reise während des Photographischen Kongresses zu Dresden 1909 zeigten. Dämmerungserscheinungen, Aufnahmen gegen die untergehende Sonne mit allergrößten Kontrasten werden prachtvoll wiedergegeben, wie sie mit Autochromplatten überhaupt ganz unmöglich wären. Und dann die große Lichtstärke der Bilder: für Vorführungen im größten Stil wird vorläufig wohl nur die Dreifarbenprojektion in Betracht kommen.

Wenn dagegen v. Hübl feststellt, daß die Wiedergabe von Gemäldereproduktionen nach der Methode der Teilbilder in noch nicht genügender Weise gelungen sei, so wird ihm hierin vollkommen recht zu geben sein. Doch gelingt diese Aufgabe ganz zweifellos, wenn man, wie oben bereits gesagt, sich mehr dem Autochromprozeß nähert: wenn man eine geeignetere Emulsion wählt und vielleicht die Gradationsänderung durch die Diapositivherstellung vermeidet, indem man die drei Teilnegative direkt in Positive verwandelt. Es ist eben die ältere Methode noch nicht zur größten technischen Vollkommenheit gelangt.

Der größte Wert der Lumièreschen Erfindung liegt nach Ansicht des Ref. in ihrer außerordentlich genialen Einfachheit.

H. Lehmann (Jena).

Neu erschienene Bücher.

A. P. W. Williamson, *Textbook of Navigation and Nautical Astronomy.* 8°. 394 S. m. Fig. London 1909. Geb. in Leinw. 7,80 M.

Lord Kelvin, Vorlesungen über Molekulardynamik und die Theorie des Lichts. Deutsch hrsg. v. B. Weinstein. gr. 8°. XVIII, 590 S. m. 132 Fig. Leipzig, B. G. Teubner 1909. Geb. in Leinw. 18 M.

Schriften, Mathematisch-physikalische, f. Ingenieure und Studierende. Hrsg. v. E. Jahnke. 8°. Leipzig, B. G. Teubner.

5. E. Jahnke u. F. Emde, Funktionentafeln m. Formeln u. Kurven. XII, 176 S. m. 53 Textfig. 1909. Geb. in Leinw. 6 M. — 6, I. W. v. Ignatowsky, Die Vektoranalysis u. ihre Anwendung in der theoretischen Physik. I. Tl.: Die Vektoranalysis. VI, 112 S. m. 27 Textfig. 1909. 2,60 M.; geb. 3 M.

J. Ramsay, *Engineering Units of Measurement. With symbols and abbreviations. British and metric equivalents.* 8°. London 1909. 1,20 M.

A. Föppl, Vorlesungen über technische Mechanik. 3. Bd. Festigkeitslehre. 4. Aufl. gr. 8°. XVI, 426 S. m. 86 Fig. Leipzig, B. G. Teubner 1909. Geb. in Leinw. 10 M.

A. F. Holleman, Lehrbuch der Chemie. Autoris. deutsche Ausg. Lehrbuch der unorgan. Chemie f. Studierende an Universitäten u. techn. Hochschulen. 7., verb. Aufl. gr. 8°. XII, 461 S. m. Abbildgn. u. 2 Taf. Leipzig, Veit & Co. 1909. Geb. in Leinw. 10 M.

W. Weitbrecht, Lehrbuch der Vermessungskunde. 1. Tl.: Horizontalmessungen. gr. 8°. VIII, 704 S. m. 368 Fig. u. 1 farb., lith. Beilage. Stuttgart, K. Wittwer 1910. 13 M.; geb. in Leinw. 14,50 M.

R. Gans, Einführung in die Vektoranalysis mit Anwendungen auf die mathematische Physik. 2. Aufl. gr. 8°. X, 126 S. m. 35 Fig. Leipzig, B. G. Teubner 1909. Geb. in Leinw. 3,60 M.

A. Stock u. A. Stähler, Praktikum der quantitativen anorganischen Analyse. 8°. VIII, 152 S. m. 37 Fig. Berlin, J. Springer 1909. Geb. in Leinw. 4 M.

A. Brill, Vorlesungen zur Einführung in die Mechanik raumerfüllender Massen. gr. 8°. X, 236 S. m. 27 Fig. Leipzig, B. G. Teubner 1909. 7 M.; geb. in Leinw. 8 M.

Jahrbuch für Photographie und Reproduktionstechnik f. d. J. 1909. Unter Mitwirkg. hervorrag. Fachmänner hrsg. v. Dir. Hofr. Prof. Dr. J. M. Eder. 23. Jahrg. 8°. VII, 621 S. m. 201 Abbildgn. u. 19 Kunstbeilagen. Halle, W. Knapp 1909. 8 M.; geb. in Leinw. 9,50 M.

W. Wien, Über Elektronen. Vortrag. 2., die Fortschritte der Wissenschaft berücksichtig. Aufl. gr. 8°. 39 S. Leipzig, B. G. Teubner 1909. 1,40 M.

Handbuch der anorganischen Chemie. In 4 Bdn. Hrsg. v. Prof. Dr. R. Abegg u. Dr. Fr. Auerbach. III. Bd. 2. Abtlg. Die Elemente der 4. Gruppe des period. Systems. Lex. 8°. XII, 921 S. m. 64 Fig. Leipzig, S. Hirzel 1909. 25 M.; geb. 27 M.

J. H. Graf, Einleitung in die Theorie und Auflösung der gewöhnlichen Differentialgleichungen nebst vielen Übungsbeispielen. gr. 8°. 6, 115 S. Bern, K. J. Wyss 1910. 2 M.

R. Blondlot, *Introduction à l'étude de la Thermodynamique.* 2., durchges. Aufl. 8°. 134 S. m. 41 Fig. Paris 1909. 3,50 M.

T. N. Thiele, Interpolationsrechnung. Lex. 8°. XII, 175 S. Leipzig, B. G. Teubner 1909. 10 M.

J. Fricks Physikalische Technik oder Anleitung zu Experimentalvorträgen sowie zur Selbstherstellung einfacher Demonstrationsapparate. 7., vollkommen umgearb. u. stark verm. Aufl. v. Prof. Dr. Otto Lehmann. II. Bd. 2. Abtlg. Lex. 8°. XVI u. S. 763—2072 m. 2329 Abbildgn. u. 14 farb. Taf. Braunschweig, F. Vieweg & Sohn 1909. 40 M.; geb. in Halbfrz. 43 M.

Vollständig: 100 M.; geb. in 4 Halbfrzbdn. 109 M.

P. Gille, *Physique: Électricité. Chimie.* 8°. Mit Fig. Paris 1909. Geb. in Leinw. 6 M.

Verlag von Julius Springer in Berlin N. — Universitäts-Buchdruckerei von Gustav Schade (Otto Francke) in Berlin N.

Zeitschrift für Instrumentenkunde.

Kuratorium:

Geh. Reg.-Rat Prof. Dr. **A. Westphal**, geschäftsführendes Mitglied, Dr. **H. Krüss**, Prof. Dr. **R. Straubel.**

Redaktion: Prof. Dr. **St. Lindeck** in Charlottenburg-Berlin.

XXX. Jahrgang. **April 1910.** Viertes Heft.

Hans Heinrich Landolt.

(geb. 5. Dez. 1831, gest. 15. März 1910.)

Von

Otto Schönrock in Charlottenburg.

Am 15. März 1910 verstarb zu Berlin unerwartet nach kurzem Leiden im Alter von 78 Jahren Hans Landolt, der Altmeister der physikalischen Chemie, wie er oft genannt wurde. In ihm verliert die Wissenschaft einen treuen Arbeiter, einen überaus fleißigen und gewissenhaften Forscher, dem es vergönnt war, sich nicht weniger als 58 Jahre lang wissenschaftlich zu betätigen. Während dieser langen Zeit hat er sich in rastloser Arbeit allgemein anerkannte Verdienste um die Förderung und Verbreitung der physikalischen Chemie erworben. Dabei hatte sein weiter Blick schon frühzeitig erkannt, daß die deutsche Präzisionsmechanik und Optik ihre damaligen Leistungen sehr bedeutend und möglichst rasch erhöhen müßte, wenn sie den vordem nicht gekannten und noch ständig steigenden Anforderungen gewachsen sein wollte, die in bezug auf die Güte und vor allem die Genauigkeit der Apparate nicht nur die Wissenschaft sondern auch die Technik bei ihrem schnellen Vorwärtsstreben zu stellen genötigt waren. So fanden denn auch die in den siebziger Jahren einsetzenden Bestrebungen zur Hebung der deutschen Instrumententechnik bei diesem Gelehrten verständnisvollen Rat und zielbewußte Hülfe. Es ist daher eine Pflicht der Dankbarkeit, in dieser Zeitschrift die Erinnerung an seine wahrhaft edle und liebenswürdige Persönlichkeit durch einen Nachruf zu bewahren.

Hans Heinrich Landolt wurde am 5. Dezember 1831 zu Zürich geboren. In den Jahren 1850 bis 1856 studierte er an den Universitäten Zürich, Breslau, Berlin und Heidelberg; Mitscherlich und Rose in Berlin sowie vor allem Bunsen in Heidelberg waren hauptsächlich die Lehrer, welche für Landolts spätere Tätigkeit mitbestimmend wurden. Noch während dieser Studienjahre hatte er als Assistent am chemischen Laboratorium in Zürich seine Erstlingsarbeit „Über das Stibmethyl und seine Verbindungen“ veröffentlicht und in Breslau 1853 mit der Dissertation „Untersuchungen über die Arsenäthyle“ den Doktortitel erworben. Gleich nach Abschluß seiner Studien habilitierte er sich noch 1856 an der Universität Breslau mit der Schrift „Über die chemischen Vorgänge in der Flamme des Leuchtgases“; zwei Jahre darauf ging er als außerordentlicher Professor der Chemie an die Universität Bonn. Nachdem er hier 1867 zum ordentlichen Professor für Chemie ernannt worden war, wurde er 1869 an das Polytechnikum zu Aachen und 1880 an die Landwirtschaftliche Hoch-

schule zu Berlin berufen. Im Jahre 1891 übernahm er hier schließlich als Nachfolger von C. Rammelsberg die Leitung des zweiten chemischen Instituts der Universität, wo er sogleich in Gemeinschaft mit seinem treuen Freunde H. Jahn eine Abteilung für physikalische Chemie einrichtete. Als Landolt dann die Leitung dieses Instituts aus Gesundheitsrücksichten Ende 1904 an W. Nernst abtrat sowie sein Lehramt an der Universität niederlegte, geschah dies nicht, um sich nunmehr einer wohlverdienten Ruhe hinzugeben. Unser Forscher beobachtete vielmehr in einigen ihm zur Verfügung gestellten Räumen der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt unermüdlich weiter, und seiner eifrigen Arbeitslust vermochte erst der Tod ein Ziel zu setzen.

Nachdem eine ganze Reihe von Abhandlungen sowohl auf dem Gebiete der anorganischen wie auf dem der organischen Chemie von Landolts Hand erschienen war, ging dieser dann um 1862 dazu über, chemische Probleme mit physikalischen Meßmethoden zu verfolgen. Schon frühzeitig hatten ihn die Forschungen H. Kopps, den er selbst als den eigentlichen Schöpfer der physikalischen Chemie bezeichnet hat, gefesselt, besonders dessen ausgedehnte Untersuchungen über die Regelmäßigkeiten in den Siedepunkten organischer Verbindungen und über ihr Molekularvolumen. Erst wenn man sich den damals herrschenden Zustand auf dem Gebiete physikalischer Lehrmittel, den Mangel an physikalischen Unterrichtslaboratorien sowie die ziemlich dürftige Literatur über praktische Physik vergegenwärtigt, läßt sich der tatkräftige Forschersinn recht würdigen, welcher den jungen Chemiker Landolt beseelte, als er die große geebnete Straße der Chemie verließ und den schwierigen Nebenpfad zur physikalischen Chemie einschlug, wobei er die erforderlichen Kenntnisse sich auf mühsame Weise zusammenholen mußte. Dafür wurde er aber auch reichlich belohnt. Es gelang ihm, in einer langen Reihe von sehr sorgfältig ausgeführten Untersuchungen mit einem außerordentlich umfangreichen Beobachtungsmaterial besonders den Teil der physikalischen Chemie, welcher die Lehre von den Beziehungen zwischen den physikalischen Eigenschaften der Körper und ihrer chemischen Zusammensetzung umfaßt, zu einer lebhaften Entwicklung zu bringen. Diese von so schönen Erfolgen begleitete Forschertätigkeit war denn auch der Grund dafür, daß Landolt als Vertreter des Faches der physikalischen Chemie 1881 in die Berliner Akademie der Wissenschaften als Mitglied aufgenommen wurde.

Ein Teil dieser klassischen physikalisch-chemischen Arbeiten betrifft die Lichtbrechung organischer Verbindungen, wobei der Einfluß der atomistischen Konstitution auf die Fortpflanzung des Lichtes geprüft wird, ein anderer Teil bringt die Erscheinung der Drehung des polarisierten Lichtstrahles durch organische Substanzen in Beziehung zu der chemischen Zusammensetzung. Diese letzteren Untersuchungen veranlaßten 1879 die Entstehung des bekannten, einzig in seiner Art dastehenden Werkes „Das optische Drehungsvermögen organischer Substanzen und dessen praktische Anwendungen“, das einen Markstein in der Lehre vom Drehungsvermögen bedeutet. In diesem Buche wird von Landolt erstmalig das ganze Gebiet der optischen Aktivität erschöpfend behandelt und an dem damals vorhandenen Tatsachenmaterial die Richtigkeit der Theorie vom asymmetrischen Kohlenstoffatom nachgewiesen. Dadurch wurde jene bewunderungswürdige van 't Hoffsche Hypothese über „Die Lagerung der Atome

im Raum" schnell zur allgemeinen Anerkennung gebracht. Seit dieser Zeit beschäftigt sich durch Landolts Wirken angeregt eine ständig wachsende Schar von Forschern mit der experimentellen Ermittelung des Drehungsvermögens, eines der besten Hülfsmittel, um das so überaus mannigfaltige Spiel chemischer Affinitäten messend zu verfolgen. So hatte sich denn auch eine fast unübersehbare Fülle Beobachtungsmaterial von außerordentlicher Mannigfaltigkeit angesammelt, als er zu Beginn der neunziger Jahre an die Neubearbeitung seines Werkes vom optischen Drehungsvermögen heranging. Aber mit meisterhafter Hand bewältigte er den ungeheuer umfangreichen Stoff, sodaß auch die 1898 erschienene zweite Auflage des Lehr- und Handbuches ein anerkannt klar gegliedertes und sehr vollständiges Bild der Kenntnisse über optische Aktivität gibt.

Gleichfalls viel Mühe und eine große Geduld erforderten die ausgedehnten Untersuchungen über etwaige Änderungen des Gesamtgewichtes chemisch sich umsetzender Körper. Durch diese Arbeiten gelang es Landolt, die endgültige Lösung des fundamentalen Problems der Gewichtskonstanz bei chemischer Zersetzung herbeizuführen. Die erste Abhandlung darüber erschien 1893, von 1899 an wurde dann besonders eifrig daran weiter gearbeitet, und schließlich 1908 konnte das Schlußresultat dahin ausgesprochen werden, daß sich bei allen vorgenommenen, fünfzehn verschiedenartigen chemischen Umsetzungen eine Änderung des Gesamtgewichtes der Körper nicht hat feststellen lassen; sollten wirklich Abweichungen bestehen, so können sie jedenfalls ein hundertstel Milligramm nicht überschreiten. Durch diese experimentelle Prüfung des Gesetzes der Erhaltung der Materie ist zugleich der Nachweis dafür erbracht, daß die Atomgewichte der chemischen Elemente zweifellos unveränderliche Größen sind.

Eine der verdienstvollsten Leistungen Landolts ist ferner die im Verein mit R. Börnstein besorgte Herausgabe der 1883 zuerst erschienenen „Physikalisch-chemischen Tabellen", jenes fundamentalen Werkes, das eine Zusammenstellung der wichtigsten physikalischen und chemischen Konstanten und zwar mit Quellenangabe für jede mitgeteilte Zahl enthält und längst jedem Physiker und Chemiker unentbehrlich geworden ist. Auch noch in anderer Hinsicht hat Landolt die weiteren Interessen der wissenschaftlichen Forschung gefördert, als er in der 1897 von der Deutschen Chemischen Gesellschaft ernannten, aus drei Mitgliedern bestehenden Kommission mit W. Ostwald und K. Seubert daran arbeitete, die richtigsten Werte für die Atomgewichte aus der Literatur festzustellen und zugleich eine Verständigung der Chemiker aller Länder in der Atomgewichtsfrage herbeizuführen. Nach langjährigen Bemühungen ist dann bekanntlich eine Einigung zustande gekommen, sodaß jetzt eine internationale Atomgewichtskommission alljährlich den Physikern und Chemikern die dem neuesten Standpunkte entsprechende Tabelle der Atomgewichtszahlen in die Hand gibt.

Zwei Punkte sind es immer wieder, die in all den zahlreichen wertvollen Abhandlungen Landolts hervortreten, einerseits das Bestreben, die Beobachtungen mit möglichster Genauigkeit anzustellen, andrerseits die Vorsicht und Sorgfalt, mit welcher bei der Ableitung der Resultate verfahren wird. Einem Forscher mit einem so ausgeprägten Sinne für die äußerste Genauigkeit konnte daher der bedrohliche Zustand auch nicht lange verborgen bleiben, in dem sich, wie bereits eingangs erwähnt, die deutsche Präzisionsmechanik in den sechziger Jahren befand. Und so mußten denn

auch alle Bestrebungen zur Hebung der Feintechnik von Anbeginn an in Landolt einen allzeit hülfsbereiten Förderer und Berater finden. Er gehörte neben E. Abbe, F. R. Helmert, A. Kundt, L. Loewenherz, G. Neumayer und anderen zu der Zahl ausgezeichneter Gelehrten, welche 1876 von den Preußischen Staatsbehörden aus Interesse für die Förderung der Instrumententechnik zum Studium der internationalen Ausstellung wissenschaftlicher Apparate nach London entsandt wurden; ebenso beteiligte er sich an dem „Bericht über die wissenschaftlichen Instrumente auf der Berliner Gewerbeausstellung im Jahre 1879". Hier war er auf seinem Spezialgebiet mit der Berichterstattung über die optischen Polarisationsapparate betraut, an denen er selbst im Laufe der Zeit mannigfache Verbesserungen angebracht hat. Ihm ist gerade dieser Zweig der Präzisionstechnik zu ganz besonderem Danke verpflichtet, denn Landolts Wirken auf diesem Gebiete ist hauptsächlich der große Erfolg zuzuschreiben, daß die Polarisationsapparate und Saccharimeter aus deutschen Werkstätten bei der Wissenschaft und Zuckertechnik, abgesehen von Frankreich, in allen Ländern der Welt weiteste Verbreitung gefunden haben.

Regen Anteil nahm Landolt auch an der Begründung dieser Zeitschrift, in deren Redaktions-Kuratorium er von Anfang an Vorsitzender war. Durch das Ansehen seiner Person hat er nicht wenig dazu beigetragen, der Zeitschrift in den ersten Jahren die Wege zu ebnen, und bis in die letzte Zeit hat er mit lebhaftem Interesse ihre Entwicklung verfolgt. Vor allem aber ist noch des hohen Verdienstes zu gedenken, das er sich im Verein mit W. Siemens, W. Foerster, L. Loewenherz und anderen hervorragenden Gelehrten und bedeutenden Mechanikern um die Begründung eines Instituts zur Prüfung der Erzeugnisse der Präzisionsindustrie sowie zur Ausführung umfangreicher physikalischer Arbeiten, nämlich um die Errichtung der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt erworben hat. Es ist unnötig, an dieser Stelle auf die großen Schwierigkeiten, die bei der Schöpfung einer so neuartigen Anstalt erst zu überwinden waren, näher einzugehen. Von ihrer Gründung an hat Landolt als eifriges Mitglied dem Kuratorium der Reichsanstalt angehört und sich über die schnellen Erfolge der noch jungen Anstalt stets aufrichtig gefreut.

Persönlicher Ehrgeiz war Landolt völlig fremd, ihm war es nur um ernste Arbeit im Dienste seiner Wissenschaft zu tun, und so ging er, still und selbstlos, von rastlosem Tätigkeitsdrange getrieben, seinen Weg. Die vielen Erfolge, welche er während seiner langen Lebensarbeit im Dienste der Forschung erzielt hat, sichern Landolt ein ehrenvolles Andenken in Wissenschaft und Technik.

Zur Würdigung der Petzvalschen Bedingung.

Von
Allvar Gullstrand in Upsala.

Mit den von mir gebrauchten Bezeichnungen[1]), auf welche ich hier verweise, hat die nach Petzval benannte, längs der Achse eines Umdrehungssystems bei ebener, achsensenkrechter Objektfläche gültige Bedingung der Bildebnung die Form

$$\sum \frac{1}{\varrho} \varDelta \frac{1}{\mu} = 0,$$

und die Erfüllung derselben bewirkt, daß, wenn der Krümmungsunterschied der beiden Bildflächen im Schnittpunkte mit der Achse behoben wird, die Bildfläche hier eine Berührung zweiter Ordnung mit der achsensenkrechten Ebene hat, oder mit anderen Worten, daß, wenn gleichzeitig der Astigmatismus längs unendlich wenig geneigten Hauptstrahlen behoben wird, die Bildkrümmung im Achsenpunkte gleich Null ist. Die Erfahrung, daß die Erfüllung dieser Bedingung manchmal einen erstaunlich großen Effekt hat, in anderen Fällen aber auffallend wenig nutzt, fordert zur näheren Untersuchung auf.

Hierbei ist in erster Linie zu untersuchen, was die Erfüllung der Petzvalschen Bedingung ohne gleichzeitige Hebung des Krümmungsunterschiedes der beiden Bildflächen leistet, und ob diese Leistung an die Erfüllung etwaiger anderer Bedingungen gebunden ist. Da nun weiter diese Bedingung als sich auf unendlich wenig geneigte Hauptstrahlen beziehend angesehen werden kann, indem bei der Erfüllung derselben der Bildpunkt auf diesen Hauptstrahlen, sobald der Astigmatismus längs denselben behoben wird, auf der durch den achsialen Bildpunkt gelegten achsensenkrechten Ebene liegt, so ist demnächst die für endliche Hauptstrahlneigung gültige Gleichung zu eruieren, welche für unendlich geringe Hauptstrahlneigung in die Petzvalsche übergeht, die allgemeine Gleichung also, von welcher diese einen speziellen Fall darstellt.

Ich habe darauf aufmerksam gemacht, daß Strahlenbündel, welche von Objektpunkten ausgehen, die in einer gewissen endlichen Entfernung von der Achse liegen, deren Maximum durch die Blendengröße bestimmt wird, zwar nicht allgemein längs den durch das geometrische Blendenzentrum gehenden Hauptstrahlen, aber immer längs anderen Strahlen anastigmatisch sind, sodaß in Umdrehungssystemen allgemein einem endlichen Bezirk der Objektfläche in der Umgebung des Achsenpunktes ein endlich ausgedehntes, aus anastigmatischen Bildpunkten bestehendes Flächenstück in der Umgebung des achsialen Bildpunktes entspricht. Ich nenne letztere Fläche die *allgemeine anastigmatische Bildfläche*. Ihre Krümmung ergibt sich auf folgende Weise.

Wenn in einem Koordinatensystem, dessen Z-Achse mit der Umdrehungsachse zusammenfällt, $\xi_, \zeta_,$ bezw. $\xi_{,,} \zeta_{,,}$ die Koordinaten eines tangentialen bezw. sagittalen Fokalpunktes und $\varrho_1 \varrho_2$ die Krümmungsradien der entsprechenden Bildflächen darstellen, so gelten für den Übergang vom achsialen Bildpunkte auf einen nächstliegenden Fokalpunkt, wenn gleichzeitig vom Hauptstrahl auf einen nächstliegenden, durch den Öffnungswinkel u definierten Strahl übergegangen wird, die beiden Gleichungen

$$d^2\zeta_, = -A\,du^2 - 2\frac{\partial R}{\partial \sigma}\,du\,d\xi_, + \frac{1}{\varrho_1}\,d\xi_,^2$$

$$d^2\zeta_{,,} = -G\,du^2 - 2\frac{\partial S}{\partial \sigma}\,du\,d\xi_{,,} + \frac{1}{\varrho_2}\,d\xi_{,,}^2.$$

[1]) Tatsachen und Fiktionen in der Lehre von der optischen Abbildung. *Archiv f. Optik* **1.** *S. 2—41, 81—97. 1907.*

Wird nach Multiplikation der letzteren Gleichung mit 3 erstere von derselben subtrahiert, so ergibt sich unter Beachtung der Identitäten

$$d\xi_{,} = d\xi_{,,} \qquad A = 3\,G \qquad \frac{\partial R}{\partial \sigma} = 3\,\frac{\partial S}{\partial \sigma} \qquad \frac{3}{\varrho_2} - \frac{1}{\varrho_1} = 2\,\mu'\left(\frac{1}{\mu\,\varrho_a} + \sum \frac{1}{\varrho}\,\Delta\,\frac{1}{\mu}\right),$$

wo $\mu\,\mu'$ Brechungsindizes im Objekt- und Bildraum, ϱ_a den Krümmungsradius der Objektfläche darstellen,

$$3\,d^2\zeta_{,,} - d^2\zeta_{,} = 2\,\mu'\left(\frac{1}{\mu\,\varrho_a} + \sum \frac{1}{\varrho}\,\Delta\,\frac{1}{\mu}\right)d\xi^2.$$

In den Fällen, wo die der Achse nächstliegenden Strahlenbündel längs Strahlen anastigmatisch sind, welche in einer Meridianebene liegen, ist der reziproke Wert des Krümmungsradius der allgemeinen anastigmatischen Bildfläche gleich dem Differentialquotienten $\frac{d^2\zeta}{d\xi^2}$, wenn die Bedingung $d^2\zeta_{,} = d^2\zeta_{,,}$ eingeführt wird. Man erhält dann unmittelbar die Petzvalsche Gleichung

$$\Delta\,\frac{1}{\mu\,\varrho_a} = \sum \frac{1}{\varrho}\,\Delta\,\frac{1}{\mu},$$

woraus folgt, daß in diesen Fällen die Krümmung der allgemeinen anastigmatischen Bildfläche mit der Petzvalschen Bildkrümmung $1/\varrho'_a$ zusammenfällt, und daß die Erfüllung der entsprechenden Bedingung diese Fläche im Achsenpunkte ebnet.

Ob ein solcher Fall vorliegt oder nicht, beruht darauf, ob die Gleichung $d^2\zeta_{,} = d^2\zeta_{,,}$ einen reellen oder imaginären Wert des Differentialquotienten $du/d\xi$ ergibt. Da die Gleichung eine quadratische ist, so hat sie im ersteren Falle allgemein zwei Wurzeln, woraus folgt, daß die Strahlenbündel, welche von der Achse unendlich nahe liegenden Objektpunkten ausgehen, in diesen Fällen allgemein längs zwei verschiedener, in der Meridianebene liegenden Strahlen anastigmatisch sind, sodaß dem betreffenden Objektpunkte zwei auf einer und derselben Meridianlinie der allgemeinen anastigmatischen Bildfläche liegende anastigmatische Bildpunkte entsprechen. Hat die quadratische Gleichung wiederum imaginäre Wurzeln, so sind die betreffenden Strahlenbündel längs windschiefer Strahlen anastigmatisch, und müssen zwei, in bezug auf die den Objektpunkt enthaltende Meridianebene symmetrische, anastigmatische Bildpunkte vorhanden sein. Im einen wie im anderen Falle ist somit die Abbildung auf der allgemeinen anastigmatischen Bildfläche — den weiter unten zu berücksichtigenden Spezialfall ausgenommen — eine doppelte, obwohl der gegenseitige Abstand der Bildpunkte bei unendlich kleiner Strahlneigung ein Unendlichkleines dritter Ordnung darstellt.

Von den beiden hiermit gefundenen Arten der allgemeinen anastigmatischen Bildfläche, welche einander gegenseitig ausschließen, mag die erstere, die in einigermaßen leistungsfähigen optischen Instrumenten die gewöhnlicher vorhandene ist, als die typische bezeichnet werden. Das erste Ergebnis dieser Untersuchung ist somit, *dafs die Erfüllung der Petzvalschen Bedingung die typische allgemeine anastigmatische Bildfläche im Achsenpunkte ebnet* und nur dann Nutzen bringt, wenn diese Fläche typischer Art ist.

Die Gleichung $d^2\zeta_{,} = d^2\zeta_{,,}$ kann unter Anwendung obenstehender Beziehungen auf die Form

$$k^2 A + 2\,k\,\frac{\partial R}{\partial \sigma} - \frac{3}{2}\left(\frac{1}{\varrho_1} - \frac{1}{\varrho_2}\right) = 0$$

gebracht werden, wo $du/d\xi$ mit k bezeichnet worden ist. Ihre Wurzeln sind reell, wenn die Summe

$$\left(\frac{\partial R}{\partial \sigma}\right)^2 + \frac{3\,A}{2}\left(\frac{1}{\varrho_1} - \frac{1}{\varrho_2}\right) > 0$$

ist. Da die allgemeine anastigmatische Bildfläche von der Blendenlage unabhängig ist, so folgt hieraus, daß dies auch mit letztgenannter Summe der Fall sein muß, sodaß dieselbe bei der Verschiebung der Blende auf der Achse eine Invariante darstellt.

Durch eine Elimination nach Seidelscher Art kann dies auf folgende Weise konstatiert werden. Die längs der Achse gültige Formel

$$\Delta \frac{pK}{s\chi} = \frac{p_1 - s_1}{\mu_1} \sum \frac{\mu K^2 d}{s(s+d)},$$

in welcher die Summe mit D_s bezeichnet werden mag, soll unter Anwendung der verkürzten Bezeichnungen

$$x_p = \frac{p_1 - s_1}{\mu_1} \qquad Q_s = \mu\left(\frac{1}{\varrho} - \frac{1}{s}\right) \qquad Q_p = \mu\left(\frac{1}{\varrho} - \frac{1}{p}\right)$$

in Gebrauch kommen. Sie erhält dann zunächst die Form

$$\frac{p}{\chi} = \frac{s}{K}\left(\frac{p_1}{s_1} + x_p D_s\right). \qquad 1)$$

Da weiter überall

$$\frac{p - s}{\mu K \chi} = x_p$$

ist, so gilt auch allgemein die Gleichung

$$Q_p - \frac{\mu^2 K \chi x_p}{s p} = Q_s, \qquad 2)$$

und es ergibt sich nach Multiplikation der Gl. 1) und 2) miteinander

$$\frac{p\, Q_p}{\chi} = \frac{s\, Q_s}{K}\left(\frac{p_1}{s_1} + \frac{\mu^2 K^2 x_p}{s^2 Q_s} + x_p D_s\right). \qquad 3)$$

Die auf der Achse eines Umdrehungssystems bei reellem Objekte gültigen Gleichungen

$$A = \mu'^3 K^4 \sum \frac{s^4}{\mu^4 K^4}\left(\Phi \Delta\mu + 3\, Q_s^2 \Delta \frac{1}{\mu s}\right)$$

$$\frac{\partial R}{\partial \sigma} = \frac{\mu'^2 K^2}{x_p} \sum \frac{s^3 p}{\mu^4 K^3 \chi}\left(\Phi \Delta\mu + 3\, Q_s Q_p \Delta \frac{1}{\mu s}\right)$$

$$\frac{3}{2}\left(\frac{1}{\varrho_1} - \frac{1}{\varrho_2}\right) = -\frac{\mu'}{x_p^2} \sum \frac{s^2 p^2}{\mu^4 K^2 \chi^2}\left(\Phi \Delta\mu + 3\, Q_p^2 \Delta \frac{1}{\mu s}\right)$$

erhalten unter Anwendung der Gl. 1) und 3) sowie der verkürzten Bezeichnungen

$$y = \frac{p_1}{s_1 x_p} \qquad B = \frac{\partial R}{\partial \sigma} \qquad C = -\frac{3}{2}\left(\frac{1}{\varrho_1} - \frac{1}{\varrho_2}\right)$$

$$a_1 = \frac{s^4}{\mu^4 K^4} \Phi \Delta\mu \qquad a_2 = \frac{3\, s^4}{\mu^4 K^4} Q_s^2 \Delta \frac{1}{\mu s}$$

$$b_1 = D_s \qquad b_2 = D_s + \frac{\mu^2 K^2}{s^2 Q_s}$$

die Gestalt

$$A = \mu'^3 K^4 \Sigma (a_1 + a_2) \qquad B = \mu'^2 K^2 \left\{y\, \Sigma (a_1 + a_2) + \Sigma (a_1 b_1 + a_2 b_2)\right\}$$

$$C = \mu' \left\{y^2\, \Sigma (a_1 + a_2) + 2\, y\, \Sigma (a_1 b_1 + a_2 b_2) + \Sigma (a_1 b_1^2 + a_2 b_2^2)\right\}.$$

Es ergibt sich somit

$$B^2 - AC = \mu'^4 K^4 \left\{\left[\Sigma (a_1 b_1 + a_2 b_2)\right]^2 - \Sigma (a_1 + a_2)\, \Sigma (a_1 b_1^2 + a_2 b_2^2)\right\},$$

welcher Wert von der Blendenlage unabhängig ist.

Wie ersichtlich, hat die Gleichung $C = 0$, wenn y als unbekannt behandelt wird, nur dann reelle Wurzeln, wenn $B^2 - AC \leq 0$ ist. Es folgt hieraus, *daß die allgemeine*

anastigmatische Bildfläche typisch oder atypisch ist, je nachdem es möglich oder unmöglich ist, durch Verschieben der Blende den Krümmungsunterschied der tangentialen und sagittalen Bildfläche zu vernichten.

Dies kann auch *a priori* postuliert werden. Denn in der Realität kann ein jeder Punkt der endlich großen Blendenöffnung als Blendenzentrum funktionieren, und es können verschiedenen Objektpunkten verschiedene Blendenzentra entsprechen. Geht man nun, wie oben, gleichzeitig von einem ausgewählten, auf der Achse belegenen Blendenzentrum auf einen nächstliegenden Blendenpunkt und vom achsialen Objektpunkt auf einen nächstliegenden Objektpunkt über, so ist dieser Vorgang identisch mit dem Übergang von der Achse auf einen nächstliegenden Hauptstrahl, indem der Schnittpunkt des betreffenden Strahles mit der Achse als Blendenzentrum wirkt. Durch die Bedingung $d^2\zeta_{,} = d^2\zeta_{,,}$ wird ein solches Blendenzentrum gewählt, daß der Krümmungsunterschied der Bildflächen verschwindet. Daß hierbei die Krümmung der Bildfläche durch die Petzvalsche Gleichung erhalten wird, leuchtet ohne weiteres ein.

Der typischen allgemeinen anastigmatischen Bildfläche entsprechen also allgemein in jedem Medium zwei auf der Achse belegene Punkte, dadurch charakterisiert, daß der Krümmungsunterschied der tangentialen und sagittalen Bildfläche verschwindet, sobald das Blendenzentrum bei der Rechnung in einen dieser Punkte verlegt wird. Ich nenne diese Punkte die *charakteristischen Blendenpunkte.* Für den tatsächlichen Abbildungsvorgang im parachsialen Raum ist es bei endlich großer Blendenöffnung vollkommen bedeutungslos, welcher Achsenpunkt bei der Rechnung als Blendenzentrum behandelt wird, da das parachsiale Stück der Bildfläche unendlich klein im Verhältnis zur Blendenöffnung ist. Eben hierin liegt die Bedeutung der allgemeinen anastigmatischen Bildfläche.

Um die exakte geometrische Bedeutung der Bedingung verständlich zu machen, unter welcher diese Fläche von der typischen Art ist, muß hier kurz auf die kaustischen Flächen der gebrochenen Strahlenbündel im parachsialen Raum eingegangen werden. In dem von einem unweit der Achse belegenen Objektpunkte ausgegangenen Strahlenbündel haben beide kaustischen Flächen Kanten. Die Kante der ersten kaustischen Fläche steht auf der Meridianebene senkrecht, und ihre Schnittlinie mit dieser Ebene hat somit eine Spitze. Die durch diese sämtlichen Spitzen gelegte Fläche sei die *Spitzenfläche* genannt. Sie ist also dadurch charakterisiert, daß bei positivem Aberrationswerte die ersten kaustischen Flächen auf ihrer negativen Seite liegen und umgekehrt. Die Kanten der zweiten kaustischen Flächen liegen in der Meridianebene, und es sei die Fläche, welche diese sämtlichen Kanten berührt, als die *Kantenfläche* bezeichnet. Dieselbe verhält sich somit zu den zweiten kaustischen Flächen wie die Spitzenfläche zu den ersten. Man erhält die Krümmungsradien dieser Flächen, welche allgemein mit ϱ'_b bezw. ϱ'_c bezeichnet werden mögen, nach einer der beiden oben angewendeten Methoden, indem man also entweder den aus der Gleichung $B = 0$ ermittelten Wert von y in die Formel für die betreffende Bildkrümmung einsetzt oder aber von einem beliebigen Blendenzentrum auf einen parachsialen Blendenpunkt und gleichzeitig vom achsialen Objektpunkte auf einen parachsialen unter der Bedingung übergeht, daß der betreffende Asymmetrienwert R bezw. S gleich Null bleibt. Da im parachsialen Raum ersterer das Dreifache des letzteren beträgt und der direkte Aberrationswert sich ebenso zum transversalen verhält, so gilt für die Ermittelung beider Radien die Beziehung

$$dR = A\,du + B\,d\xi = 0\,,$$

und man hat den aus derselben sich ergebenden Wert für $du/d\xi$ in die Gleichung für $d^2\zeta_,$ bezw. $d^2\zeta_{,,}$ einzusetzen, um die Gleichungen

$$\frac{1}{\varrho_b} = \frac{B^2}{A} + \frac{1}{\varrho_1} \qquad \frac{1}{\varrho_c'} = \frac{B^2}{3A} + \frac{1}{\varrho_2}$$

zu erhalten. Da die Krümmungen der Spitzen- und Kantenfläche vom angewendeten Blendenort unabhängig sind, so ist dies auch mit den auf der rechten Seite dieser Gleichungen stehenden Werten der Fall. Die beiden Bildflächen stellen tatsächlich nichts anderes dar als vom angewendeten Blendenort abhängige Schnitte der kaustischen Flächen, ein Zusammenhang, welcher in obenstehenden Gleichungen klar zu tage tritt, da durch verschiedene Wahl des Blendenortes B^2 sowohl den Wert Null als beliebige positive Werte erhalten kann.

Da allgemein

$$\frac{1}{\varrho_1} = -C + \frac{1}{\varrho_a'} \qquad \frac{1}{\varrho_2} = -\frac{C}{3} + \frac{1}{\varrho_a'}$$

ist, so kann den letzterwähnten Gleichungen die Form

$$B^2 - AC = A\left(\frac{1}{\varrho_b'} - \frac{1}{\varrho_a'}\right) = 3A\left(\frac{1}{\varrho_c'} - \frac{1}{\varrho_a}\right)$$

gegeben werden. Dieselben lehren dann einesteils, daß die durch die Petzvalsche Gleichung bestimmte Fläche nie zwischen der Spitzenfläche und der Kantenfläche liegen kann, somit entweder beide Scharen von kaustischen Flächen schneiden muß oder keine von beiden, anderenteils aber auch, daß *die allgemeine anastigmatische Bildfläche typisch oder atypisch ist, je nachdem die durch die Petzvalsche Gleichung bestimmte Fläche die kaustischen Flächen der Strahlenbündel schneidet oder nicht.*

Die Bedingung $B^2 - AC = 0$ charakterisiert bei $A \gtrless 0$ den Grenzfall, wo Spitzen- und Kantenflächen mit der allgemeinen anastigmatischen Bildfläche zusammenfallen, die Abbildung im parachsialen Raum deshalb auch die beste mögliche ist. Die Erfüllung dieser Bedingung nebst der Petzvalschen, durch welche dann die drei Flächen im Achsenpunkte geebnet werden, ist deshalb von besonderer Bedeutung. An und für sich hat die Erfüllung erstgenannter Bedingung zur Folge, daß die beiden charakteristischen Blendenpunkte in einen zusammenfallen. Natürlich ist aber bei der praktischen Verwertung dieses Ergebnisses dem exakten Nullwert der Flächenkrümmungen ebensowenig nachzustreben, wie dies betreffs des Aberrationswertes der Fall ist.

Ist eine typische allgemeine anastigmatische Bildfläche vorhanden, deren Krümmung von der der Spitzenfläche abweicht, so ist die Abbildung auf derselben, wie oben auseinandergesetzt wurde, eine doppelte. Verschwindet der Krümmungsunterschied, so wird die Abbildung eindeutig. Im ersteren Falle ist die allgemeine anastigmatische Fläche doppelt, und ihre beiden Schalen haben eine Berührung zweiter Ordnung miteinander im achsialen Fokalpunkte, gehen aber außerhalb des parachsialen Gebietes allgemein auseinander. Im letzteren Fall kann dasselbe Verhalten stattfinden, oder aber es kann auch eine atypische allgemeine anastigmatische Fläche vorliegen, was erst durch Hinzuziehen von Ableitungen höherer Ordnung oder im speziellen Falle durch besondere Rechnung entschieden werden kann. Außerdem scheint es *a priori* nicht ausgeschlossen, daß eine allgemeine anastigmatische Bildfläche, welche im Schnittpunkt mit der Achse atypisch ist, außerhalb des parachsialen Gebietes in eine typische übergehen kann. Hinzuzufügen ist noch, daß bei kompliziertem Baue der kaustischen Flächen, in den Fällen sogenannter korrigierter sphärischer Aberration, mehrfache allgemeine anastigmatische Bildflächen vorkommen können.

Bei endlicher Strahlneigung in Umdrehungssystemen gibt es immer, sobald nicht beide Asymmetrienwerte gleichzeitig verschwinden, eine typische allgemeine anastigmatische Bildfläche in der Umgebung eines anastigmatischen Bildpunktes. Man findet die Neigung derselben nach den beiden oben angewendeten Methoden. Werden die Asymmetrienwerte, da es sich hier nur um die Objektstrahlenbündel handelt, einfach mit RS bezeichnet, und fällt die ζ-Achse mit dem Hauptstrahl zusammen, so hat man nach der ersten Methode aus den Gleichungen

$$d\zeta_{\prime} = -R\,du - \operatorname{tg}\varphi_{\prime}\, d\xi$$
$$d\zeta_{\prime\prime} = -S\,du - \operatorname{tg}\varphi_{\prime\prime}\, d\xi,$$

indem $d\zeta_{\prime} = d\zeta_{\prime\prime}$ gesetzt wird, den Wert des Differentialquotienten $du/d\xi$ zu ermitteln und in eine derselben einzuführen, um die Formel

$$\operatorname{tg}\varphi'_a = \frac{R\operatorname{tg}\varphi_{\prime\prime} - S\operatorname{tg}\varphi_{\prime}}{R - S} \tag{4}$$

für die Neigung φ'_a der allgemeinen anastigmatischen Bildfläche zu erhalten. Dies ist somit die allgemeine Formel, von welcher die Petzvalsche, in welche sie bei unendlich kleiner Strahlneigung übergeht, einen speziellen Fall darstellt. Da bei unendlich kleiner Strahlneigung der direkte Asymmetrienwert das Dreifache des transversalen beträgt, so nimmt die Formel die Gestalt

$$\operatorname{tg}\varphi'_a = \frac{1}{2}(3\operatorname{tg}\varphi_{\prime\prime} - \operatorname{tg}\varphi_{\prime})$$

an und ergibt beim Grenzübergang, indem für alle drei Neigungen und Krümmungsradien, wenn w die Strahlneigung gegen die Umdrehungsachse darstellt, die Beziehung

$$d(\operatorname{tg}w - \operatorname{tg}\varphi) = \frac{1}{\varrho}\,d\xi$$

gültig ist, die Gleichung

$$\frac{1}{\varrho'_a} = \frac{1}{2}\left(\frac{3}{\varrho_2} - \frac{1}{\varrho_1}\right),$$

in welcher man die Petzvalsche Formel erkennt.

Daß die Gl. 4) keine das Hauptstrahlenbündel bestimmenden Größen enthält, kann auf folgende Weise gezeigt werden.

Unter Anwendung der verkürzten Bezeichnungen

$$x_p = \frac{p_1 - \tau_1}{\mu_1} \qquad Q_p = \mu\cos i\left(\frac{1}{\varrho_{\prime}} - \frac{\cos i}{p}\right) \qquad Q_\tau = \mu\cos i\left(\frac{1}{\varrho_{\prime}} - \frac{\cos i}{\tau}\right)$$

schreiben sich die Gleichungen für den direkten Asymmetrienwert und für die Neigung der tangentialen Bildfläche

$$\varDelta\frac{R}{\mu^3 K_1^3} = \sum\frac{\tau^3}{\mu^3\cos^3 i\, K_1^3}\left(U\varDelta\mu\cos i + 3\mu\sin i\, Q_\tau\varDelta\frac{1}{\mu\tau}\right)$$

$$\varDelta\frac{\operatorname{tg}\varphi_{\prime}}{\mu K_1} = \frac{1}{x_p}\sum\frac{\tau^2 p}{\mu^2\cos^2 i\, K_1^2\chi_1}\left(U\varDelta\mu\cos i + \mu\sin i\left\{Q_\tau\varDelta\frac{1}{\mu\tau} + Q_\tau\varDelta\frac{1}{\mu p} + Q_p\varDelta\frac{1}{\mu\tau}\right\}\right)$$

und erhält die Eliminationsgleichung die Form

$$\frac{p}{\chi_1} = \frac{\tau}{K_1}\left(\frac{p_1}{\tau_1} + x_p D_\tau\right),$$

wonach auf dieselbe Weise wie längs der Achse die Gleichung

$$\frac{p\,Q_p}{\chi_1} = \frac{\tau\, Q_\tau}{K_1}\left(\frac{p_1}{\tau_1} + \frac{\mu^2\cos^2 i\, K_1^2 x_p}{\tau^2 Q_\tau} + x_p D_\tau\right)$$

erhalten wird. Multipliziert man die Eliminationsformel mit der Gleichung

$$\varDelta \frac{1}{\mu p} + \frac{\mu^2 \cos^2 i \, K_1 \chi_1 x_p}{\tau p} \varDelta \frac{1}{\mu^2 \cos^2 i} = \varDelta \frac{1}{\mu \tau},$$

so erhält man

$$\frac{p}{\chi_1} \varDelta \frac{1}{\mu p} = \frac{\tau}{K_1} \varDelta \frac{1}{\mu \tau} \left(\frac{p_1}{\tau_1} - \frac{\mu^2 \cos^2 i \, K_1^2 x_p \varDelta \frac{1}{\mu^2 \cos^2 i}}{\tau^2 \varDelta \frac{1}{\mu \tau}} + x_p D_\tau \right)$$

und kann dann der Gleichung für die Neigung der tangentialen Bildfläche die Form

$$\varDelta \frac{\operatorname{tg} \varphi_{,}}{\mu K_1} = y \, \Sigma a_1 + \Sigma a_1 D_\tau + \sum \frac{\tau \operatorname{tg} i}{K_1} \left(\varDelta \frac{1}{\mu \tau} - Q_\tau \varDelta \frac{1}{\mu^2 \cos^2 i} \right) \qquad 5)$$

geben, indem zur Abkürzung

$$y = \frac{p_1}{\tau_1 x_p} \qquad \varDelta \frac{R}{\mu^2 K_1^3} = \Sigma a_1$$

gesetzt wird. Auf ähnliche Weise werden die Gleichungen für den transversalen Asymmetrienwert und für die Neigung der sagittalen Bildfläche

$$\varDelta \frac{S}{\mu^2 K_1 K_2^2} = \sum \frac{\tau \varsigma^2}{\mu^2 \cos i \, K_1 K_2^2} \left(W \varDelta \mu \cos i + \mu \sin i \left\{ \frac{1}{\varrho_{,,}} \varDelta \frac{\cos i}{\tau} - \varDelta \frac{1}{\varsigma^2} \right\} \right)$$

$$\varDelta \frac{\operatorname{tg} \varphi_{,,} (p - \varsigma)}{\mu^2 K_2^2 \chi_1} = \sum \frac{\varsigma^2 p}{\mu^2 \cos i \, K_2^2 \chi_1} \left(W \varDelta \mu \cos i + \mu \sin i \left\{ \frac{1}{\varrho_{,,}} \varDelta \frac{\cos i}{p} - \varDelta \frac{1}{\varsigma^2} \right\} \right)$$

behandelt. Da bei anastigmatischer Abbildung sowohl im Bild- wie im Objektraum ς mit τ vertauscht werden kann, so erhält zunächst das linke Glied letzterer Gleichung die Form

$$x_p \varDelta \frac{K_1 \operatorname{tg} \varphi_{,,}}{\mu K_2^2}.$$

Wird dann die Eliminationsgleichung mit der Gleichung

$$\varDelta \frac{\cos i}{p} + \frac{\mu^2 \cos^2 i \, K_1 \chi_1 x_p}{\tau p} \varDelta \frac{1}{\mu \cos i} = \varDelta \frac{\cos i}{\tau}$$

multipliziert, so ergibt sich

$$\frac{p}{\chi_1} \varDelta \frac{\cos i}{p} = \frac{\tau}{K_1} \varDelta \frac{\cos i}{\tau} \left(\frac{p_1}{\tau_1} - \frac{\mu^2 \cos^2 i \, K_1^2 x_p \varDelta \frac{1}{\mu \cos i}}{\tau^2 \varDelta \frac{\cos i}{\tau}} + x_p D_\tau \right),$$

wonach, wenn

$$\varDelta \frac{S}{\mu^2 K_1 K_2^2} = \Sigma a_2$$

gesetzt wird, die Gleichung

$$\varDelta \frac{K_1 \operatorname{tg} \varphi_{,,}}{\mu K_2^2} = y \, \Sigma a_2 + \Sigma a_2 D_\tau - \sum \frac{\varsigma^2 \sin i \cos i \, K_1}{\tau \varrho_{,,} K_2^2} \varDelta \frac{1}{\mu \cos i} \qquad 6)$$

resultiert. Werden die durch die Gl. 5) und 6) erhaltenen Werte in die Gl. 4) eingesetzt, so ergibt sich die explizite Form der letzteren:

$$\operatorname{tg} \varphi'_a = \frac{\mu'^2 K_1^2 K_2^2}{R - S} \left\{ \frac{\operatorname{tg} \varphi_a}{\mu_1} \Sigma (a_1 - a_2) + (\Sigma a_1) \left[\Sigma a_2 D_\tau - \sum \frac{\varsigma^2 \sin i \cos i \, K_1}{\tau \varrho_{,,} K_2^2} \varDelta \frac{1}{\mu \cos i} \right] - \right.$$

$$\left. - (\Sigma a_2) \left[\Sigma a_1 D_\tau + \sum \frac{\tau \operatorname{tg} i}{K_1} \left(\varDelta \frac{1}{\mu \tau} - Q_\tau \varDelta \frac{1}{\mu^2 \cos^2 i} \right) \right] \right\}. \qquad 7)$$

Diese Gleichung ergibt sich auch nach der zweiten, oben angewendeten Methode. Je nach der Lage des tangentialen Fokalpunktes des Hauptstrahlenbündels wechselt

die durch die Formeln sich ergebende Neigung der Bildflächen, und wenn demselben eine solche Lage gegeben wird, daß diese miteinander zusammenfallen, so spielt er eben dieselbe Rolle wie auf der Achse der charakteristische Blendenpunkt, weshalb ich ihm auch den analogen Namen gebe. Aus der Gleichung $\operatorname{tg}\varphi_{,} = \operatorname{tg}\varphi_{,,}$ ergibt sich ein Wert von y, welcher einesteils, in die Gl. 5) oder 6) eingesetzt, zur Formel 7) führt, anderenteils auch den Ort des charakteristischen tangentialen Blendenfokalpunktes angibt.

Wird von jedem Punkte einer Meridianlinie der allgemeinen anastigmatischen Bildfläche der Strahl, längs welchem der Astigmatismus behoben ist — der *charakteristische Hauptstrahl* — rückwärts zur Objektfläche durch das System verfolgt und in einem beliebigen Medium der charakteristische tangentiale Blendenfokalpunkt auf demselben bestimmt, so müssen, wenn Diskontinuitäten ausgeschlossen sind, sämtliche Punkte auf einer krummen Linie liegen, welche überall von den betreffenden Strahlen berührt wird, da nämlich jeder Punkt ein Schnittpunkt zwischen zwei nächstliegenden Strahlen darstellt, die Kurve deshalb die einhüllende Linie der Strahlen sein muß. Die Evolvente dieser *charakteristischen Blendenlinie* ist somit die Meridianlinie der Wellenfläche des charakteristischen Hauptstrahlenbündels, welche durch das System verfolgt werden kann, und die Ausdehnung der allgemeinen anastigmatischen Bildfläche kann durch den Teil dieser Wellenfläche gemessen werden, welcher durch die Blendenöffnung abgeschnitten wird.

In den Fällen, wo eine typische allgemeine anastigmatische Bildfläche in der Umgebung des achsialen Fokalpunktes vorhanden ist, berührt die charakteristische Blendenlinie die Achse in einem charakteristischen Blendenpunkt, welcher somit den achsialen Fokalpunkt des charakteristischen Hauptstrahlenbündels darstellt. Die Ausdehnung der allgemeinen anastigmatischen Bildfläche ist dann um so größer, ein je dünnerer Querschnitt des charakteristischen Hauptstrahlenbündels in der Blendenöffnung liegt. Da nun der dünnste Querschnitt eines Strahlenbündels im allgemeinen nicht durch den achsialen Fokalpunkt geht, so ist es einleuchtend, daß im allgemeinen nicht diejenige Konstruktion für die periphere Abbildung die vorteilhafteste ist, bei welcher der Krümmungsunterschied der beiden Bildflächen exakt gleich Null ist, wenn die betreffende Seidelsche Formel auf das Zentrum der Blendenöffnung angewendet wird.

Was das Verhalten der allgemeinen anastigmatischen Bildfläche zur Spitzenfläche betrifft, so zeigt die Gl. 4), daß, wenn der direkte Asymmetrienwert gleich Null ist, während der transversale einen endlichen Wert hat, die Tangente der allgemeinen anastigmatischen Bildfläche mit der der tangentialen zusammenfällt, welche letztere dann, wie aus der Gl. 5) hervorgeht, von der Lage des tangentialen Fokalpunktes des Hauptstrahlenbündels unabhängig ist. Dies ist ein Ausdruck dafür, daß die allgemeine anastigmatische Bildfläche, wie leicht verständlich ist, die Spitzenfläche wohl berühren, nicht aber schneiden kann. Ganz analog ist das Verhalten zur Kantenfläche, welche, wenn der transversale Asymmetrienwert verschwindet, eine Spitze im anastigmatischen Fokalpunkte hat. Sind beide Asymmetrienwerte gleich Null, so erfordert die Diskussion die Zuhülfenahme von Ableitungen höherer Ordnung.

Diejenige Bedingung, welche bei endlicher Strahlneigung der Petzvalschen entspricht und bei unendlich kleiner Strahlneigung in diese übergeht, ergibt sich somit aus der Formel 7), in welcher $\operatorname{tg}\varphi'_a = \operatorname{tg} w'$ zu setzen ist. Wie auf der Achse, ist aber durch die Erfüllung der Bedingung nur dann ein Effekt zu gewinnen, wenn die typische allgemeine anastigmatische Strahlenfläche vorhanden ist. Die Bedingung

hierfür ist außerhalb der Achse, daß der charakteristische Hauptstrahl im Blendenraum durch die Blendenöffnung geht, auf der Achse aber, daß die charakteristischen Blendenpunkte reell sind. Das Ideal einer anastigmatischen Abbildung mit ebener Bildfläche würde erfordern, daß das charakteristische Hauptstrahlenbündel homozentrisch und die Bedingung $\operatorname{tg} \varphi'_a = \operatorname{tg} w'$ längs jedes durch den Fokalpunkt desselben gehenden Strahls erfüllt wäre. In der Realität kann es sich aber ersichtlicherweise nur darum handeln, daß die Aberration wie in anderen Strahlenbündeln verringert und die Bedingung längs eines oder einiger endlich geneigten Strahlen erfüllt wird. Die charakteristische Blendenlinie weist dann Spitzen, die Schnittlinie der allgemeinen anastigmatischen Bildfläche mit der Meridianebene Inflexionspunkte auf.

Zum Schluß will ich nur noch zeigen, wie die explizite Gl. 7) bei unendlich kleiner Strahlneigung in die Petzvalsche Gleichung übergeht. Beim Übergang zur Grenze hat man zunächst

$$R = 3S \qquad a_1 = 3a_2 \qquad K_1 = K_2 \qquad \tau = \varsigma = s \qquad \varrho_{,} = \varrho_{,,} \qquad \cos i = 1$$

zu setzen und erhält dann

$$\varDelta \frac{\operatorname{tg} \varphi_a}{\mu K} = -\frac{1}{2} \sum \frac{s \sin i}{K} \left(\frac{3}{\varrho} \varDelta \frac{1}{\mu} + \varDelta \frac{1}{\mu s} - Q_s \varDelta \frac{1}{\mu^2} \right).$$

Wird diese Gleichung unter Beachtung der Identität

$$Q_s \varDelta \frac{1}{\mu^2} = \frac{1}{\varrho} \varDelta \frac{1}{\mu} - \varDelta \frac{1}{\mu s}$$

von der Gleichung

$$\varDelta \frac{\operatorname{tg} w}{\mu K} = \sum \varDelta \frac{\operatorname{tg} w}{\mu K}$$

subtrahiert, so ergibt sich

$$\varDelta \frac{\operatorname{tg} w - \operatorname{tg} \varphi_a}{\mu K} = \sum \left\{ \varDelta \frac{\operatorname{tg} w}{\mu K} + \frac{s \sin i}{K} \left(\frac{1}{\varrho} \varDelta \frac{1}{\mu} + \varDelta \frac{1}{\mu s} \right) \right\}.$$

Da sämtliche in dieser Gleichung vorkommenden Winkel gleichzeitig den Wert Null erreichen, so hat man eine Differentiation auszuführen. Wird hierbei die Koordinate ξ_0 an der Objektfläche als unabhängige Variable behandelt, so ist, wenn die ζ_0-Achse mit dem Hauptstrahl zusammenfällt,

$$d(\operatorname{tg} w - \operatorname{tg} \varphi_a) = \frac{K}{\varrho_a} d\xi_0 \qquad d \operatorname{tg} w = \frac{K}{p - s} d\xi_0 \qquad d \sin i = \frac{Q_p}{\mu} \cdot \frac{Kp}{p - s} d\xi_0,$$

wodurch sich ergibt

$$\varDelta \frac{1}{\mu \varrho_a} = \sum \frac{sp}{\mu (p - s)} \left\{ \varDelta \frac{1}{sp} + Q_p \left(\frac{1}{\varrho} \varDelta \frac{1}{\mu} + \varDelta \frac{1}{\mu s} \right) \right\},$$

welche Gleichung wiederum unter Beachtung der Identität

$$\varDelta \frac{1}{sp} = -Q_s \frac{1}{\varrho} \varDelta \frac{1}{\mu} - Q_p \varDelta \frac{1}{\mu s}$$

in die Form

$$\varDelta \frac{1}{\mu \varrho_a} = \sum \frac{1}{\varrho} \varDelta \frac{1}{\mu}$$

der Petzvalschen übergeführt wird.

Die Tätigkeit der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt im Jahre 1909[1]).

A. Allgemeines.

Am 17. Januar 1910 verstarb zu Marburg der frühere Präsident der Reichsanstalt Friedrich Kohlrausch. In ihm verehrte die Anstalt den bedeutendsten Forscher und Lehrer Deutschlands auf ihrem eigensten Arbeitsgebiet, nämlich dem Gebiete physikalischer Präzisionsmessungen, den hingebendsten und erfolgreichen Förderer ihrer Interessen während seiner Amtsführung, aber auch nach seinem Rücktritt den weitvorschauenden Berater und den warmherzigen, uneigennützigen Freund. Dem hieraus sich ergebenden Gefühl der Zusammengehörigkeit entsprach die Trauer der Anstalt bei seinem Tode und wird in der Zukunft die Treue entsprechen, mit welcher hier sein Andenken in Ehren gehalten werden wird.

Dienstreisen und Teilnahme an Versammlungen.

Geh. Reg.-Rat Wiebe und Prof. Grützmacher hatten vom 19. bis 21. Januar 1909 in Ilmenau mit dem Direktor der Großherzogl. Sächs. Prüfungsanstalt für Glasinstrumente, Prof. Böttcher, und mit dem Vorsteher der Herzogl. Sächs. Prüfungsstelle für ärztliche Thermometer in Gehlberg, Burau, Besprechungen über die Neuregelung des Thermometerprüfungswesens. Im Anschluß hieran besuchten sie am 22. Januar das Glaswerk von Schott & Gen. in Jena.

Prof. Orlich nahm vom 18. bis 21. Februar 1909 teil an den von dem Verbande der elektrotechnischen Installationsfirmen in Deutschland in dem Städtischen Elektrizitätswerke zu München vorgenommenen Versuchen über das allgemeine Verhalten aller in Deutschland fabrizierten Sicherungssysteme.

Am 3. März nahmen an der in Berlin tagenden Jahresversammlung des Vereins deutscher Fabriken feuerfester Produkte (E. V.) Dr. Hoffmann und Dr. Meißner teil. Der erstere erstattete dort Bericht über den Fortschritt der Untersuchungen der Seger-Kegel (Anh. Nr. 38)[2]).

Prof. Grützmacher ist vom 1. April 1909 ab zur Beaufsichtigung der amtlichen Prüfung von Thermometern bei den Großherzoglichen Präzisionstechnischen Anstalten in Ilmenau und bei dem Eichamt in Gehlberg zunächst probeweise auf ein Jahr in Ilmenau stationiert worden.

Geh. Reg.-Rat Feußner besichtigte vom 10. bis 19. Mai 1909 die Elektrischen Prüfämter in Nürnberg, München und Frankfurt a. M.

Geh. Reg.-Rat Gumlich nahm vom 23. bis 26. Mai 1909 an den Sitzungen der Deutschen Bunsen-Gesellschaft in Aachen teil. Im Anschluß hieran hatte er Besprechungen mit Geh.-Rat Wüst und Prof. Goerens vom Eisenhüttenmännischen Institut der Techn. Hochschule daselbst über Versuche und Messungen der Reichsanstalt mit Eisen-Silizium-Legierungen sowie über das Schmelzen von Eisen im Vakuum.

Sodann hatte der Genannte am 27. Mai eine Besprechung mit Hrn. Fabrikbesitzer Capito in Düsseldorf und besuchte am 28. Mai die Kruppschen Werke in Essen zur Besprechung von Versuchen und Messungen der Reichsanstalt mit Eisen-Silizium-Legierungen.

Der Mechaniker Krause wurde vom 6. bis 7. Juli 1909 nach Bitterfeld entsandt, um bei der Chemischen Fabrik Griesheim-Elektron Werk II die autogene Schweißung zu erlernen.

Geh. Reg.-Rat Wiebe hatte am 30. Juli 1909 in Gehlberg mit dem Leiter der Herzogl. Sächs. Prüfungsstelle für ärztliche Thermometer Verhandlungen über die Neuregelung des Thermometer-Prüfungswesens; in der gleichen Angelegenheit fanden Verhandlungen am 31. Juli in Ilmenau mit dem Direktor der Großherzogl. Prüfungsanstalt für Glasinstrumente statt. Anschließend hieran besuchte der Genannte am 2. August in Elgersburg die 18. Haupt-

[1]) Auszug aus dem dem Kuratorium der Reichsanstalt im März 1910 erstatteten Tätigkeitsbericht.

[2]) Die Hinweise beziehen sich auf das Verzeichnis der Veröffentlichungen am Schluß des Berichts.

versammlung des Vereins Deutscher Glasinstrumentenfabrikanten und verhandelte dann mit dem Vertreter der Firma Schott & Gen. über die Untersuchung der neuen Jenaer Bleigläser.

Geh. Reg.-Rat Leman besichtigte am 4. und 5. August 1909 die Platinschmelze von W. C. Heraeus und die Fabrik der Quarzlampen-Gesellschaft in Hanau. In Fortsetzung der Reise vertrat er am 6. und 7. August die Reichsanstalt bei den Verhandlungen des 20. Mechanikertages in Frankfurt a. M., an denen sich auch Prof. Lindeck und Techn. Rat Blaschke außeramtlich beteiligten. Sodann besichtigte er am 9. August die neue Meßmaschine der Firma H. Hommel in Mainz und am 10. und 11. August die Meßvorrichtungen des Gußstahlwerks der Firma Fr. Krupp sowie die Versuchslaboratorien dieser Firma.

Präsident Warburg vertrat die Reichsanstalt vom 29. bis 31. Juli bei der Feier des 500-jährigen Bestehens der Universität Leipzig und überreichte dabei eine Adresse der Reichsanstalt.

Prof. Grützmacher besuchte die Reichsanstalt vom 11. bis 13. Oktober 1909, um die im Gange befindlichen thermometrischen Arbeiten kennen zu lernen.

Dr. Grüneisen arbeitete vom 27. bis 31. Dezember 1909 bei dem Präsidenten a. D. Kohlrausch in Marburg an dem Material für die in der Reichsanstalt ausgeführte Arbeit: „Über das elektrische Leitvermögen von Salzlösungen." Diese Abhandlung soll demnächst zur Veröffentlichung gelangen.

Eine Besichtigung des Terrains für ein auf dem Telegraphenberg in Potsdam in Aussicht genommenes Zweiglaboratorium der Reichsanstalt fand am 5. Januar 1910 statt. Es beteiligten sich daran Präsident Warburg, Geh. Reg.-Rat Gumlich, Geh. Reg.-Rat Holborn und Prof. Lindeck sowie aus dem Reichsamt des Innern Geh. Ober-Reg.-Rat Hückels und Reg.- und Baurat Herrmann.

Nichtamtlich beteiligten sich an der Naturforscherversammlung in Salzburg vom 19. bis 25. September 1909 Prof. Scheel, Dr. Grüneisen und Dr. Heuse; letzterer berichtete hierbei über die Messung kleiner Drucke.

Internationale Kommission für elektrische Einheiten und Normale.

Die wissenschaftliche Kommission, welche auf der Londoner Konferenz im Jahre 1908 eingesetzt wurde (s. den vorigen Tätigkeitsbericht), hat zunächst bei der Herstellung eines Appendix zu dem Sitzungsprotokoll mitgewirkt; in dem Appendix sind besonders die von den verschiedenen Staatslaboratorien ausgearbeiteten Methoden für die Realisierung des internationalen Ohm und Ampere sowie die Herstellung des Westonschen Normalelements beschrieben. Die wichtigste Betätigung der Kommission bildet aber der auf Initiative des *Bureau of Standards* gefaßte Beschluß, in Washington eine gemeinschaftliche experimentelle Arbeit von Vertretern der Staatslaboratorien Amerikas, Deutschlands, Englands und Frankreichs zu veranstalten mit dem Ziel, die bezüglich des Silbervoltameters und des Normalelements zwischen den verschiedenen Beobachtern noch bestehenden Differenzen aufzuklären bezw. zu beseitigen.

Geschenk.

Der verstorbene Physiker Dr. Giese hat der Reichsanstalt seine Apparate vermacht.

Sitzungen der wissenschaftlichen Beamten.

Die wissenschaftlichen Beamten sind wie bisher monatlich zu Kolloquien zusammengetreten.

B. Abteilung I.

I. Mechanik und Wärmelehre[1].

1. Temperaturkoeffizient der Volumelastizität[2].

Nach dem im Tätigkeitsbericht für 1908 (*diese Zeitschr.* **29.** *S. 105. 1909*) skizzierten, wesentlich mit Mallocks Methode übereinstimmenden Verfahren, das nur dadurch noch verbessert wurde, daß die Gehänge mit *einer* mittleren Spitze *direkt* auf das Druckrohr aufgesetzt wurden, ist die Volumelastizität für Aluminium, Stahl, Kupfer, Silber, Zinn, Platin und Blei bei verschiedenen Temperaturen bestimmt worden. Zu dem Zweck wurde die Apparatur in Bäder siedender Luft, in Benzin oder Petroleum von Zimmertemperatur oder in elektrisch geheiztes Maschinenöl eingetaucht. Als Druckflüssigkeit diente in tiefer Temperatur Wasserstoffgas, in hoher Rizinusöl.

[1]) Im folgenden sind die Namen der Beamten, welche die Arbeiten ausgeführt haben, in Anmerkungen zu den einzelnen Nummern des Textes genannt.

[2]) Grüneisen.

Die Rohre aus Sn und Pb hatten etwa 12 *mm* äußeren Durchmesser und 2 bis 2,5 *mm* Wandstärke, die übrigen 13 *mm* Durchmesser und 1 *mm* Wandstärke. Die Meßlänge betrug bei allen 49 *cm*. Der Einfluß der Kompressionswärme wurde bis auf einen kleinen Betrag dadurch beseitigt, daß in das Innere des Druckrohrs ein dasselbe fast ganz ausfüllender Metallstab von nahe gleichem Ausdehnungskoeffizienten auf Kugellagern eingeschoben wurde. Die dadurch auf eine geringe Menge reduzierte Druckflüssigkeit teilt ihre Kompressionswärme einer größeren Metallmasse mit und kann nur eine geringe Temperaturänderung des Druckrohrs bewirken.

Ohne die Absolutwerte der Kompressibilität, die übrigens bei Al, Fe, Cu, Pt mit den früher an Stäben gefundenen Zahlen hinreichend übereinstimmen, vorläufig festzulegen, wird in folgender Tabelle der auf 1 Atm. Druckerhöhung berechnete Skalenausschlag n/p für verschiedene Temperaturen ϑ angegeben. Er ist bis auf verschwindende Korrektionen, die von der Änderung der Apparatdimensionen mit der Temperatur herrühren, der Kompressibilität direkt, der Volumelastizität umgekehrt proportional. 1 Skalenteil Ausschlag entspricht einer Änderung der Meßlänge von 0,00040 *mm*. Die Drucke (zwischen 20 und 150 Atm.) richteten sich nach der Fließgrenze des Metalls bei den verschiedenen Temperaturen. Dauernde Deformationen, die beim Platin, Zinn, Blei in einer Verkürzung, beim Aluminium und Silber in einer Verlängerung des Rohrs sich äußerten, wurden möglichst vermieden, andernfalls aber wurden nur die Entlastungsverschiebungen benutzt.

Aluminium	$\vartheta =$	-191^0	15^0	124^0	
	$\frac{n}{p} =$	1,34	1,48	1,93	
Eisen . .	$\vartheta =$	-190^0	18^0	128^0	163^0
	$\frac{n}{p} =$	$0{,}55_1$	$0{,}57_6$	$0{,}60_3$	$0{,}61_4$
Kupfer . .	$\vartheta =$	-191^0	17^0	132^0	163^0
	$\frac{n}{p} =$	$0{,}72_0$	$0{,}77_6$	$0{,}82_0$	$0{,}83_2$
Silber . .	$\vartheta =$	-191^0	16^0	133^0	163^0
	$\frac{n}{p} =$	$0{,}71_1$	$0{,}76_6$	$0{,}85_7$	$0{,}89_3$
Zinn . . .	$\vartheta =$	-190^0	15^0		
	$\frac{n}{p} =$	$0{,}47_5$	0,72		
Platin . .	$\vartheta =$	-189^0	17^0	132^0	161^0
	$\frac{n}{p} =$	$0{,}39_3$	$0{,}41_2$	$0{,}42_2$	$0{,}42_5$
Blei . . .	$\vartheta =$	-191^0	$14{,}2^0$		
	$\frac{n}{p} =$	$0{,}65_2$	$0{,}85_6$		

Aus der Tabelle folgt, daß die Kompressibilität bei allen Metallen mit der Temperatur wächst, um so schneller, je niedriger der Schmelzpunkt liegt. Tief unter dem Schmelzpunkt scheint das Anwachsen linear (Pt), bei Annäherung an den Schmelzpunkt stark beschleunigt (Al) zu sein. Der Temperatureinfluß ist mehrfach von gleicher Größe wie beim Elastizitäts- bezw. Torsionsmodul, woraus dann folgt, daß letztere in gleichem Grade, das Verhältnis μ von Querkontraktion zu Längsdilatation überhaupt nicht von ϑ abhängen.

2. Wärmeausdehnung von Metallstäben[1]. Die im vorigen Tätigkeitsbericht erwähnten Messungen der Wärmeausdehnung von Metallstäben sind abgeschlossen und werden demnächst veröffentlicht werden.

[1]) Grüneisen.

Der Sättigungsdruck des Wasserdampfes unter 0° ist nach der statischen Methode bestimmt worden. Die Beobachtungen erstrecken sich für den Wasserdampf über Eis auf das Temperaturintervall bis — 68°, für Wasserdampf über Wasser bis — 15°. Zur Druckmessung diente ein verbessertes Rayleighsches Neigemanometer, welches beschrieben ist (Anh. Nr. 8). Die Temperaturmessung erfolgte mit dem Platinthermometer. Eine Reihe von Messungen bei 0° bestätigte den früher von Thiesen und Scheel gefundenen Wert für den Sättigungsdruck des Wasserdampfes 4,579 *mm* vollständig. Die Resultate der Untersuchung sind veröffentlicht (Anh. Nr. 5 u. 6). *3. Sättigungsdruck des Wasserdampfes unter 0°* [1].

Nachdem durch Versuche von Holborn und Henning (Tätigkeitsbericht für 1908, *a. a. O. S. 109*) der Sättigungsdruck des Wasserdampfes bis 50° abwärts bestimmt war, blieb noch das Temperaturintervall 0° bis 50° zu bearbeiten. Die hierauf bezüglichen Beobachtungen wurden nach der statischen Methode angestellt; in der Nähe von 50° wurden auch einige Messungen nach der dynamischen Methode ausgeführt. Das Wasser befand sich in röhrenförmigen Gefäßen, welche mit der übrigen ganz aus Glas hergestellten Apparatur verblasen waren. Die röhrenförmigen Gefäße tauchten in Bäder konstanter Temperatur, die in einem Vakuummantelgefäß hergestellt wurden. Unter Zimmertemperatur war Wasser die Badflüssigkeit, welches durch zulaufendes Eiswasser gekühlt wurde; oberhalb Zimmertemperatur wurde ein elektrisch geheiztes Ölbad benutzt. Die Badflüssigkeit wurde kräftig durch einen Rührer durchgemischt. In das Bad tauchten ferner ein oder zwei Platinthermometer. *4. Sättigungsdruck des Wasserdampfes zwischen 0° und 50°* [2].

Als Manometer diente unterhalb Zimmertemperatur ein für diesen Zweck konstruiertes Instrument (Anh. Nr. 8).

Oberhalb Zimmertemperatur wurde, entsprechend der Forderung der statischen Methode, daß alle Teile der Apparatur höher temperiert sein müssen als das Bad, ein heizbares Manometer (Anh. Nr. 9) benutzt.

Die Beobachtungsergebnisse, welche veröffentlicht sind (Anh. Nr. 7), lassen sich durch die von Thiesen angegebene Formel

$$(t + 273) \log \frac{p}{760} = 5{,}409\,(t - 100) - 0{,}508 \cdot 10^{-8} \left\{(365 - t)^4 - 265^4\right\}$$

darstellen; nur muß man, um den für die Temperatur t gültigen Sättigungsdruck zu erhalten, in die Formel nicht mit t selbst, sondern mit $(t + 0{,}006^0)$ eingehen.

Die Arbeit ist abgeschlossen und in Druck gegeben. Die folgende Tabelle enthält die graphisch ausgeglichenen Werte für den Sättigungsdruck in *kg/qcm* von Grad zu Grad. Sie schließen sich gut an die früher bis 205° durchgeführten Bestimmungen an und weichen nur wenig von den bis 270° reichenden Beobachtungen von Ramsay und Young ab. Größere Unterschiede, die mit steigender Temperatur bis auf 5 *kg/qcm* wachsen, sind gegenüber den bis zur kritischen Temperatur durchgeführten Beobachtungen von Cailletet und Colardeau vorhanden, während die Abweichungen gegenüber Battellis Messungen umgekehrt bei den höheren Temperaturen am kleinsten sind. *5. Sättigungsdruck des Wasserdampfes oberhalb 200°* [3].

° C.	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
200	15,836	16,170	16,510	16,855	17,205	17,561	17,923	18,291	18,664	19,044
210	19,429	19,820	20,218	20,621	21,031	21,446	21,869	22,298	22,733	23,175
220	23,623	24,078	24,540	25,008	25,483	25,965	26,454	26,951	27,454	27,965
230	28,483	29,008	29,541	30,080	30,628	31,183	31,746	32,316	32,895	33,481
240	34,076	34,678	35,289	35,907	36,535	37,172	37,816	38,467	39,128	39,797

[1]) Scheel, Heuse.
[2]) Scheel, Heuse.
[3]) Holborn, Baumann.

° C.	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
250	40,476	41,162	41,859	42,565	43,279	44,001	44,734	45,476	46,227	46,987
260	47,758	48,537	49,326	50,125	50,934	51,752	52,581	53,419	54,267	55,126
270	55,995	56,874	57,764	58,665	59,576	60,497	61,430	62,374	63,329	64,295
280	65,274	66,263	67,263	68,276	69,299	70,336	71,386	72,449	73,522	74,608
290	$75{,}70_5$	$76{,}81_5$	77,94	79,08	80,23	81,39	82,57	83,76	84,96	86,18
300	87,41	88,65	89,90	91,17	92,45	$93{,}74_5$	$95{,}05_5$	96,38	$97{,}71_5$	99,06
310	100,42	101,80	103,19	104,60	106,02	107,46	108,91	110,37	111,85	113,35
320	114,86	116,39	117,94	119,50	121,07	122,66	124,27	125,90	127,55	129,21
330	130,89	132,58	134,28	136,01	137,75	139,51	141,30	143,10	144,91	146,74
340	148,60	150,46	152,34	154,25	156,17	158,12	160,09	162,07	164,07	166,09
350	168,12	170,17	172,25	174,34	176,46	178,60	180,75	182,94	185,15	187,39
360	189,63	191,91	194,21	196,54	198,91	201,32	203,74	206,20	208,68	211,19
370	213,73	216,30	218,89	221,54	224,24	—	—	—	—	—

Die kritische Temperatur wurde aus dem Verschwinden des horizontalen Teils der Isotherme zu 374° bestimmt. Es ist hierbei zu bemerken, daß das Wasser die Wandung des benutzten Stahlgefäßes oberhalb 300° etwas angreift, und daß die dadurch verursachte Unreinheit wahrscheinlich auf die Messung der kritischen Temperatur einen größeren Einfluß ausüben wird, als auf die des Sättigungsdrucks.

6. Spezifische Wärme der Gase bei hohen Drucken[1]).

Die erforderlichen Apparate werden demnächst soweit hergestellt sein, daß mit der Aufstellung der Versuchsanordnung begonnen werden kann.

7. Verdampfungswärme des Wassers oberhalb 100°[2]).

Die im vorigen Bericht beschriebenen Versuche über die Verdampfungswärme des Wassers zwischen 100° und 180° sind zum Abschluß gebracht und veröffentlicht. Die Beobachtungen ließen sich durch eine einfache Formel nicht mit der wünschenswerten Genauigkeit darstellen.

Folgende Tabelle enthält in Spalte 2 die graphisch ausgeglichenen Verdampfungswärmen L, in Spalte 3 und 4 den aus der Arbeit von Holborn und Henning entnommenen Sättigungsdruck p des Wasserdampfes und den hieraus abgeleiteten Temperaturkoeffizienten dp/dt. Aus L und dp/dt ist nach der Clapeyronschen Formel das spezifische Volumen v des gesättigten Dampfes (Spalte 5) berechnet. Zum Vergleich ist in Spalte 6 die prozentische Abweichung des von Knoblauch, Linde und Klebe direkt beobachteten spezifischen Volumens v_k von den Werten der Spalte 5 aufgenommen. Spalte 7 enthält die Gesamtwärme G des Wassers, wie sie nach dem Ausdruck $G = L + t \cdot c_m$ ermittelt ist. Die mittlere spezifische

1	2	3	4	5	6	7	8
t ° C.	L $Kal._{15}$	p mm Hg	$\frac{dp}{dt}$ $\frac{mm\ Hg}{Grad}$	v ccm	$v_k - v$ Proz.	G $Kal._{15}$	$G_R - G$ Proz.
100	538,7	760,0	27,12	1673	+ 0,1	638,7	— 0,3
110	532,1	1074,5	36,10	1210	0,1	642,2	— 0,3
120	525,3	1488,9	47,16	891,2	0,1	645,5	— 0,4
130	518,2	2025,6	60,60	667,5	0,2	648,6	— 0,4
140	510,9	2709,5	76,67	507,8	0,3	651,5	— 0,4
150	503,8	3568,7	95,66	392,1	0,3	654,7	— 0,4
160	496,6	4633	117,7	307,1	+ 0,1	657,8	— 0,4
170	489,4	5937	143,4	243,0	0,0	661,0	— 0,4
180	482,2	7514	172,7	194,7	— 0,2	664,2	— 0,4

[1]) Holborn, Baumann.
[2]) Henning.

Wärme c_m des Wassers zwischen 0° und t° ist nach Dieterici angenommen. Spalte 8 gibt in Prozenten ausgedrückt die Differenz der Regnaultschen Gesamtwärme $G_R = 606{,}5 + 0{,}305\, t$ gegen die in Spalte 7 berechneten Werte von G.

Die kalorimetrischen Arbeiten zur Bestimmung der Wasserkalorie zwischen 0° und 100° in elektrischen Einheiten (vgl. Tätigkeitsbericht für 1906, *diese Zeitschr.* **27.** *S. 116. 1907*) konnten zeitweise wieder aufgenommen werden. *8. Kalorimetrische Arbeiten*[1]).

Eine der Hauptschwierigkeiten bei dieser Aufgabe bietet im Hinblick auf die angestrebte Genauigkeit von etwa $^1/_{10}$ Promille die thermometrische Grundlage der Messungen. Die nichtgenügende Beachtung dieser Schwierigkeit ist offenbar der Grund für die große Abweichung früherer Messungen, besonders soweit sie den Temperaturkoeffizienten der Wärmekapazität des Wassers betreffen.

Wie früher (*a. a. O.*) erwähnt, sollten die zur kalorimetrischen Messung dienenden Platin- und Nickelthermometer nicht auf dem Weg über die Quecksilberthermometer, die doch individuelle Unterschiede zeigen, an das Luftthermometer angeschlossen werden, sondern sie sollten zunächst auf eine sicher reproduzierbare empirische Temperaturskale bezogen werden, die dann ihrerseits mit derjenigen des Luftthermometers verglichen wird.

Zu diesem Zweck wurden Quecksilber-Widerstandsthermometer benutzt, bei denen das Quecksilber in W-förmig gebogenen Quarzröhren eingeschlossen ist. Diese Thermometer, deren Temperaturkoeffizient allerdings nur den vierten Teil desjenigen des Platins beträgt, haben sich gut bewährt und scheinen den angestrebten Zweck, eine reproduzierbare Temperaturskale zwischen 0° und 100° zur Verfügung zu haben, zu erfüllen.

Zunächst wurden zwei Stück dieser Thermometer angefertigt; die etwa 1 *m* lange Kapillare *a* (Fig. 1) setzt sich an weitere Quarzröhren *b* an, die zur Aufnahme der Elektroden *c* dienen. Diese bestehen aus unten zugeschmolzenen Glasröhren, in die je zwei Platindrähte eingeschmolzen sind, welche sich nach oben in Kupferdrähte fortsetzen. Die Elektrodenrohre sind am oberen Ende der Quarzrohre mit Schwefel befestigt, da die Thermometer bis 100° gebraucht werden sollen. Um diese Kittstelle ist noch eine hier nicht näher beschriebene Schutzkappe gelegt, die sich als notwendig zur Abhaltung der Feuchtigkeit erwiesen hat. Das Innere des Thermometers ist auf diese Weise gegen die Außenatmosphäre vollkommen abgeschlossen. Die Quarzröhren *b* sind in Fassungen eingekittet und mit einer Schutzhülle aus durchlöchertem Messingblech versehen, welche die Quarzkapillare umgibt. Das Quecksilber ist im Vakuum eingefüllt; die beiden auf jeder Seite befindlichen Kupferdrähte bilden die Zuleitungen zu dem Widerstand (Strom- und Spannungsdrähte nach gewöhnlicher Benennung).

Fig. 1.

Es scheint noch schwierig zu sein, Quarzkapillaren von bestimmtem Durchmesser herzustellen. Die Thermometer haben deshalb statt des ursprünglich gewünschten Widerstands von 10 Ohm einen solchen von etwa 1,5 Ohm, was für die Messung der Widerstände unbequem ist und eine erhebliche Mehrarbeit erfordert. Erst neuerdings ist es gelungen, von der Firma W. C. Heraeus in Hanau zwei Quarzröhren von bestimmtem Querschnitt zu erhalten, deren Quecksilberfüllung in diesem Fall etwa 1 Ohm Widerstand hat. Diese Rohre sollen aber anderen Zwecken dienen (vgl. *S. 113*).

Falls die Quecksilber-Widerstandsthermometer der beschriebenen Art wirklich reproduzierbar sind, muß das Verhältnis ihrer Widerstände bei allen Temperaturen gleich und ebenso der Fundamentalabstand beider innerhalb der möglichen Beobachtungsfehler derselbe sein.

Die erstere Bedingung wurde in dem neuen, im Tätigkeitsbericht für 1906, *a. a. O. S. 116*, kurz erwähnten Kalorimeter von 50 *l* Inhalt untersucht. Die Abweichungen der in der Thomson-Brücke ermittelten Verhältniszahlen betragen in dem ganzen Temperaturbereich

[1]) Jaeger, v. Steinwehr.

von 0° bis 100° nur wenige Milliontel des Werts, entsprechend ebensoviel tausendstel Grad. Für das Kalorimeter bedeutet diese gute Übereinstimmung gleichzeitig einen Beweis für die gleichmäßige Temperaturverteilung in der großen Wassermenge. Dies wurde erreicht durch eine zweckmäßige Rührvorrichtung und durch allseitige Umschließung des Kalorimeters mit einem ebenfalls gut gleichmäßig temperierten Wassermantel. Auf eine nähere Beschreibung des Kalorimeters soll hier nicht eingegangen werden.

Dies Ergebnis zeigt, daß zwei Quecksilber-Widerstandsthermometer aus Quarz ohne weitere Reduktion bei jeder Temperatur zwischen 0° und 100° auf wenige tausendstel Grad übereinstimmen, was mit Ausdehnungsthermometern kaum zu erreichen ist. Ebenso stimmt auch der durch Beobachtungen in Eis und Wasserdampf ermittelte Fundamentalabstand der beiden Thermometer innerhalb der möglichen Beobachtungsfehler überein. Es ergab sich $(w_{100} - w_0) : w_0 = 0{,}098765$.

Unter Benutzung der von Guillaume (*Compt. rend.* **115.** *S. 414. 1892*) zwischen 0° und 60° gemessenen Widerstandsänderung des Quecksilbers, welche mit der gleichzeitig in der Reichsanstalt zwischen 0° und 30° bestimmten Änderung (vgl. *Wied. Ann.* **47.** *S. 513. 1892*) gut übereinstimmt, ergibt sich aus dem ermittelten Fundamentalabstand unter Berücksichtigung der sehr geringen Quarzausdehnung eine Formel für die Widerstandsänderung des Quecksilbers zwischen 0° und 100°, bezogen auf die Wasserstoffskale. Hierdurch ist die Reduktion der Quecksilber-Widerstandsthermometer auf die absolute Temperaturskale zunächst ausreichend bekannt. Ein späterer direkter Anschluß der Thermometer an das Luftthermometer ist noch in Aussicht genommen.

Da bei den beabsichtigten kalorimetrischen Messungen eine Genauigkeit von $^1/_{10000}$ angestrebt wird und mit einer Temperaturerhöhung von 1° und weniger gearbeitet werden soll, so muß einerseits der Gradwert des Quecksilber-Widerstandsthermometers, d. h. der Differentialquotient der Kurve für die Widerstandsänderung an jeder Stelle zwischen 0° und 100°, auf etwa $^1/_{10000}$ bekannt sein und andererseits die Meßgenauigkeit soweit getrieben werden, daß $^1/_{10000}{}^0$ noch bestimmt werden kann. Nach den jetzt vorliegenden Versuchen scheint dies aber erreichbar zu sein.

An diese Quecksilber-Widerstandsthermometer sollen nun zunächst die oben erwähnten Platin- und Nickelthermometer angeschlossen werden. Bei dieser Vergleichung entfällt dann die bei den Ausdehnungsthermometern vorhandene Schwierigkeit der Ablesung des Quecksilberstandes bezw. der Korrektion wegen der herausragenden Fäden.

9. Versuche über das Setzen von Mauerwerk[1]).

Die Pfeiler sind auch im Jahre 1909, dem fünften (bei 2 Pfeilern dem vierten) Jahre nach ihrem Aufbau, weiter gewachsen, und zwar um nahezu gleichviel wie in jedem der beiden Vorjahre, nämlich um etwa 0,02 *mm* pro Meter und Jahr. Mit Ausnahme des mit Zement als Bindemittel gemauerten, bei dem die Zunahme etwa das Doppelte, 0,04 *mm* pro Meter und Jahr, betrug, ist ein Unterschied im Verhalten der Pfeiler und damit der benutzten Mörtelsorten kaum erkennbar.

Um zu untersuchen, ob die dauernde Längenzunahme der Pfeiler nicht vielleicht durch ein Schwinden der als Vergleichskörper benutzten Gußeisensäulen vorgetäuscht wird, sind jetzt drei Stäbe aus Atlasstahl neben den Gußeisensäulen aufgestellt, die dauernd mitbeobachtet werden sollen.

II. Elektrizität.

1. Allgemeines.

Die auf die elektrischen Normalien bezüglichen Messungen wurden teils durch die in der Reichsanstalt selbst nötigen periodischen Vergleichungen der Normalien bedingt, teils waren sie veranlaßt durch ein Zusammenarbeiten mit ausländischen Anstalten infolge der i. J. 1908 in London abgehaltenen internationalen Konferenz. Auch durch das im Frühling dieses Jahres beabsichtigte Zusammenarbeiten der staatlichen Laboratorien von Amerika, Deutschland, England und Frankreich in Washington, das auf Antrag des amerikanischen Instituts von dem internationalen Komitee beschlossen wurde, ist die Vornahme einiger Untersuchungen und Vorbereitungen notwendig geworden.

[1]) Scheel.

Im Mai des Berichtsjahres wurden, wie alljährlich, die Manganinnormale von Abt. I und II verglichen. *2. Widerstandsmessungen*[1]).

Für die 4 Manganinnormale der Abt. I wurde der seit etwa 12 Jahren benutzte Mittelwert $M = 1{,}001745$ zugrunde gelegt; unter dieser Annahme ergaben sich nur geringe, innerhalb von 1 Hunderttausendstel bleibende Abweichungen auch der anderen Büchsenwerte gegen die Vorjahre.

Um diesen Mittelwert von neuem festzustellen, wurden die 4 Manganinbüchsen mit den Quecksilbernormalen XI und XIV, die seit der letzten Messung dieser Rohre im März 1905 (vgl. Tätigkeitsbericht für 1905, *diese Zeitschr.* **26.** *S. 120. 1906*) mit Quecksilber gefüllt stehen geblieben waren, von neuem verglichen.

Die Übereinstimmung des jetzt gefundenen Mittelwertes M mit dem damals ermittelten beträgt etwa 2 Milliontel, woraus zu schließen ist, daß sowohl die gefüllt stehen gebliebenen Normale wie die Manganinwiderstände sich seit dieser Zeit völlig konstant erhalten haben.

Deshalb sollen die beiden Quecksilbernormale XI und XIV auch weiterhin gefüllt aufgehoben werden, da auf diese Weise die Fehler fortfallen, die mit einer Neufüllung verbunden sind (Fehler jeder Füllung etwa 1 Hunderttausendstel). Die Herstellung neuer Quecksilberrohre soll demnächst vorgenommen werden.

Aus der folgenden Zusammenstellung, die 16 Jahre zurückreicht, ist ersichtlich, daß der Mittelwert M, der sich aus dem Anschluß an die 5 Quecksilbernormale XI, XIV, 106, 114, 131 ergibt, innerhalb der für die Quecksilbernormale anzunehmenden Beobachtungsfehler völlig konstant ist. Ein Grund zur Änderung des Mittelwerts liegt also zurzeit nicht vor.

Tabelle.

	M int. Ohm bei 18°	Diff. 10^{-6} Ohm
Nov. 1893	1,001737	— 2
Jan. 1895	37	— 2
Juni 1897	44	+ 5
März 1903	48	+ 9
Febr. 1904	36	— 3
März 1905	34	— 5
Sept. 1909	36	— 3
	1,001739	

Bei Gelegenheit der erwähnten Messungen wurden auch für eine größere Anzahl von Manganinnormalen die Temperaturformeln zwischen 12° und 26° C. bestimmt.

Die bei der Kalorimetrie beschriebenen Quecksilber-Widerstandsthermometer aus Quarz scheinen sich bezüglich der Konstanz des Widerstandes gut zu bewähren; es sind deshalb zwei derartige Widerstände von 1 Ohm beschafft worden, die als konstante Ohm-Kopien neben den Quecksilbernormalen und den Manganinbüchsen Verwendung finden sollen.

Um den Einfluß der Feuchtigkeit auf die Manganinnormale von 1 Ohm der Abt. I zu untersuchen, wurden im Juli 1909 drei andere Widerstände von 1 Ohm, die vorher genau an den Mittelwert M angeschlossen waren, dauernd in einen abgeschlossenen Raum von 50% Feuchtigkeit gebracht (vgl. Tätigkeitsbericht für 1908, *diese Zeitschr.* **29.** *S. 113. 1909*). Eine Vergleichung der Büchsen nach ¼ Jahr ergab für M einen um etwa 4 Milliontel anderen Wert; die Änderung liegt also innerhalb der Beobachtungsfehler. Das Berichtsjahr war für diese Beobachtungen insofern ungünstig, als vergeblich auf besonders trockenes Wetter gewartet wurde, das event. einen größeren Einfluß hätte zeigen können. Die bis jetzt vorliegenden Beobachtungen zeigen für die betreffenden Büchsen keinen bemerkbaren Einfluß der Feuchtigkeitsänderungen.

[1]) Feustel.

3. Silbervoltameter[1]). Im Hinblick auf die früher (Tätigkeitsbericht für 1908, *a. a. O. S. 114*) mitgeteilten Messungen mit dem Silbervoltameter schien es erwünscht, besonders da auch eine Anregung von amerikanischer Seite in dieser Richtung vorlag, zu untersuchen, ob durch organische Substanzen die niedergeschlagene Silbermenge beeinflußt wird.

Bei einem Teil der früheren Messungen war die Anode in Rohseide gehüllt, bei einem anderen Teil (Versuche mit Tonzelle) dagegen nicht. Man könnte nun vermuten, daß die kleine, zwischen beiden Messungsreihen gefundene Differenz auf die Anwendung organischer Substanz im ersteren Fall zurückzuführen sei.

Dies ist aber nach den jetzt angestellten relativen Messungen, bei denen unter sonst gleichen Verhältnissen Silbervoltameter mit und ohne Seide hinter einander geschaltet waren, nicht der Fall. Im Mittel ergab sich zwischen den Versuchen mit und ohne Seide eine Differenz von etwa $1/2$ Hunderttausendstel, während der mittlere Fehler einer Beobachtung etwa 6 Hunderttausendstel betrug.

4. Normalelemente[2]). Die Untersuchungen über das Merkurosulfat, die fortgesetzt wurden, zeigten, daß Präparate, die kurz nach der Herstellung Elemente mit normaler E.M.K. lieferten, nach mehrmonatlichem Aufbewahren in trockenem Zustande ihre elektromotorische Wirksamkeit in dem Sinne änderten, daß die damit angesetzten Elemente eine um einige zehntausendstel Volt zu hohe elektromotorische Kraft besaßen. Die weitere Verfolgung dieser Erscheinung ergab, daß, wenn die frisch bereiteten Präparate unter Kadmiumsulfatlösung oder im Vakuum aufbewahrt werden, keine Änderungen in ihrem Verhalten eintreten, woraus sich vielleicht auf eine chemische Einwirkung des Luftsauerstoffs auf das trockene Salz schließen läßt.

Mit der Aufdeckung dieser letzteren Erscheinung scheint das letzte störende Moment in dem Verhalten des Merkurosulfats gefunden zu sein. Es war zwar schon vorher möglich, mit Sicherheit Präparate gleicher elektromotorischer Wirksamkeit herzustellen, nun aber darf auch ihr Verhalten als dauernd unveränderlich angesehen werden.

Man konnte hiernach mit der schon länger geplanten Herstellung eines größeren Stammes von Normalelementen, welcher die praktische Einheit der elektromotorischen Kraft der Reichsanstalt darstellen soll, beginnen. Zu diesem Zwecke wurden die erforderlichen Chemikalien wie Kadmium, Kadmiumsulfat, Schwefelsäure, Merkuronitrat und Salpetersäure in möglichster Reinheit von C. A. F. Kahlbaum in Berlin bezogen und zunächst im chemischen Laboratorium der Reichsanstalt einer eingehenden Prüfung auf etwaige schädliche Verunreinigungen unterworfen. Trotzdem die Analysen die Reinheit der Präparate bestätigten, wurden doch das Kadmiumsulfat noch zweimal, das Merkuronitrat noch einmal umkristallisiert. 5 Präparate Merkurosulfat wurden nach dem bereits früher beschriebenen Verfahren unter Benutzung verschieden konzentrierter Lösungen von Schwefelsäure und Merkuronitrat gefällt, sämtlich mit Wasser und zum Schlusse mit gesättigter Kadmiumsulfatlösung ausgewaschen und unter gesättigter Kadmiumsulfatlösung aufbewahrt. Das Kadmiumamalgam wurde 12,5-prozentig durch Zusammenschmelzen dargestellt.

Als Form für die Elemente wurde die bekannte H-Form mit den von dem *National Physical Laboratory* in England angegebenen Einschnürungen der Schenkel gewählt. Durch diesen Kunstgriff sollen die die Elektroden bedeckenden Salze in ihrer Lage festgehalten und dadurch die Transportfähigkeit der Elemente erhöht werden. Nach dem Füllen blieben die Elemente noch einige Wochen offen stehen, um das Zusammenbacken der Kristalle zu beschleunigen, womit der gleiche Zweck verfolgt wird, wie mit den oben erwähnten Einschnürungen. Die Elemente wurden sodann zugeschmolzen und zur Aufbewahrung und Messung in einem als Wärmeschutz dienenden großen Kasten untergebracht. Es wurden 5 Gruppen von Elementen (den oben erwähnten 5 Merkurosulfat-Präparaten entsprechend), und zwar im ganzen 67 Elemente, hergestellt, die schon kurz nach der Zusammensetzung eine auf einige Hunderttausendstel gehende Übereinstimmung zeigten.

[1]) Feustel.
[2]) v. Steinwehr.

5. Absolute Ohmbestimmung[1].

Der zunächst bearbeitete Plan einer Ohmbestimmung nach Lorenz' Methode ist vorläufig aufgegeben. Statt dessen wird beabsichtigt, das Ohm durch geometrische Ausmessung und absolute elektrische Messung von Selbstinduktionsspulen zu bestimmen. Letztere soll sowohl direkt nach der Wienschen Methode als auch auf dem Umwege durch Vergleich mit einem geeichten Luftkondensator geschehen. Über Vorarbeiten hierzu vgl. unter **C. II** *A. 9.*

III. Strahlung.

1. Wellenlängen der Trabanten verschiedener Spektrallinien[2].

Der erste Teil der Untersuchungen über die Struktur feinster Spektrallinien wurde veröffentlicht (Anh. Nr. 16). Die im vorjährigen Bericht erwähnte Tatsache, daß je 3 Linien von Kalzium und Chrom bei Veränderung der Stromstärke Schwankungen in der Entfernung der Komponenten von der Hauptlinie zeigten, ließ sich durch unsymmetrische Verbreiterung und Umkehr der an sich einfachen Linien erklären. Dieses Resultat ist auch für die Astrophysik insofern wichtig, als solche Linien bei der Bestimmung von Sterngeschwindigkeiten aus Linienverschiebungen nach dem Dopplerschen Prinzip falsche Werte ergeben und daher ausgeschlossen werden müssen.

Nach der beschriebenen Methode des Vakuum-Lichtbogens mit Wehnelt-Kathode wurden ferner Barium, Nickel und Eisen untersucht; die letzten beiden Elemente haben wegen ihrer Verwendung zu Wellenlängennormalen besondere Bedeutung. Trotz der sehr großen Linienzahl dieser drei Elemente wurde nur eine kleine Zahl von Trabanten beobachtet. Beziehungen zwischen Hauptlinie und Trabant fanden sich bei den beiden Linien der Hauptserie von Barium λ 4934,2 und 4554,2: die Abstände des Trabanten von der Hauptlinie, ausgedrückt in Differenzen der Schwingungszahlen, waren gleich.

2. Planparalleles Interferenzprisma[3].

Es wurde ein in Fig. 2 wiedergegebenes planparalleles Interferenzprisma erdacht, das geeignet erscheint, die Stufengitter und planparallelen Platten in vielen Fällen zu ersetzen und in gewisser Beziehung zu übertreffen. Insbesondere ist das Auflösungsvermögen $\lambda/\delta\lambda$ das größtmögliche, das theoretisch heute erreichbar erscheint. Das Prisma besteht im Prinzip aus einem Glaskörper *ABCD* von rechteckigem Querschnitt, in welchem ein einfallender Lichtstrahl unendlich oft längs desselben Weges reflektiert wird; es entstehen dann Interferenzen im reflektierten Licht *R* und im durchgehenden Licht *S*. Die Theorie des Prismas in den Hauptzügen wurde veröffentlicht (Anh. Nr. 14). Auch praktische Versuche mit dieser neuen spektroskopischen Methode wurden bereits angestellt; dieselben erschienen bisher sehr aussichtsvoll, obgleich die Anforderungen an die Güte der Prismenwinkel enorme sind. Mit einem von H. Haecke in Berlin hergestellten Prisma ließen sich Hg-Linien in Trabanten auflösen und photographieren. Das Studium der bei der Verwirklichung der Methode auftretenden Schwierigkeiten wird fortgesetzt.

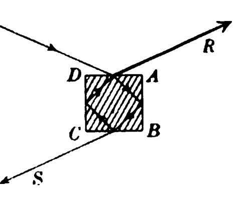


Fig. 2.

3. Herstellung von Gitterkopien mit metallischer Oberfläche[4].

Die durch das großartige Geschenk der Firma Krupp in der Reichsanstalt möglich gewordenen Arbeiten mit großen Beugungsgittern, welche erst nach Bewilligung der zur Herrichtung der Gitteraufstellung nötigen Geldmittel in größerem Umfange aufgenommen werden können, legten es nahe, zu versuchen, ob nicht im Gegensatz zu den in der Neuzeit ausschließlich vervollkommneten Interferenzmethoden auch die Beugungsgitter mit modernen Hülfsmitteln verbessert werden können. Insbesondere wäre die Herstellung von Gittern mit einer noch größeren Strichanzahl, als diejenige der großen Rowlandschen Gitter, eine erstrebenswerte Leistung. Es wurden deshalb Versuche angestellt, ob sich die bereits im Handel vorrätigen Gitterkopien in lichtstarke, metallisch reflektierende verwandeln lassen, in der Absicht, dadurch die Möglichkeit zu erhalten, mehrere identische, metallisch reflektierende Kopien eines guten Rowlandschen Gitters zu einem einzigen, großen Gitter zu vereinigen. Auf Grund der von Leithäuser ausgearbeiteten Methode der Kathoden-

[1]) Grüneisen, Giebe.
[2]) Janicki.
[3]) Gehrcke, Janicki.
[4]) Gehrcke, Leithäuser.

zerstäubung schien diese Aufgabe technisch lösbar zu sein, und in der Tat zeigten die bisherigen Versuche, welche kurz veröffentlicht wurden und auch für die optische Technik der Herstellung kleiner, stark reflektierender Gitter zu geringem Preise Interesse haben (Anh. Nr. 15), daß die durch Kathodenzerstäubung bewirkte Verwandlung eines hochempfindlichen, transparenten Thorpschen Gitters in ein metallisch reflektierendes die optische Güte des Gitters nicht im geringsten schädigt, wenn die Zerstäubung genügend vorsichtig bewirkt wird.

4. Anodenstrahlen[1]. Die Aufnahme von Spektren verschiedener Arten von Anodenstrahlen ergab gewisse Eigentümlichkeiten, über die im Zusammenhang demnächst berichtet werden wird. Die Anodenstrahlspektren zeichnen sich durch besondere Einfachheit vor den meisten sonst bekannten Spektren aus und erscheinen geeignet, die Frage nach dem Träger der betreffenden Spektralserien aufzuklären. Messungen des Doppler-Effekts an Anodenstrahlen von Strontium und Kalzium ergaben im Einklang mit früheren Bestimmungen von Gehrcke und Reichenheim Werte der Geschwindigkeiten, welche im Verein mit der Messung des Anodenfalls auf Größen ε/μ schließen lassen, die einem doppelten Elementarquantum entsprechen; hiernach wären also die Korpuskeln der Strontium- und Kalziumanodenstrahlen doppelt geladene Atome oder zweiwertige Ionen. Ferner hat sich bei Gelegenheit dieser Messungen von ε/μ herausgestellt, daß die sonst in positiven Strahlen auftretende sogenannte „ruhende Intensität“ im Doppler-Spektrum der Erdalkalien fehlt (bezw. sehr lichtschwach ist), wohl aber bei den Alkalimetallen vorhanden ist; nur die sogenannte „isolierte Linie“ des Erdalkalispektrums zeigt, wenn sie von dem dicht vor der Anode liegenden Teil des Anodenstrahls emittiert wird, eine ruhende Intensität. Man findet somit die bereits früher geäußerte Meinung, daß die Anodenstrahlen eine besonders einfache, zur Aufklärung der Eigenschaften positiver Strahlen geeignete Strahlenart darstellen, bestätigt.

5. A_1-Strahlen[2]. Im Anschluß an die Untersuchungen über die Anodenstrahlen wurde eine neue Art, ebenfalls an der Anode entstehender, positiver Strahlen entdeckt, die dadurch merkwürdig sind, daß sie dem Kraftfeld an der Anode offenbar *entgegen* laufen. Die Strahlen treten nämlich an durchbohrten Anoden auf und durchsetzen die Durchbohrung, indem sie sich in den von der Kathode abgewandten Raum hinter der Anode fortpflanzen. Da diese Strahlen in gewisse Parallele zu den von Goldstein früher gefundenen, an der Kathode auftretenden K_1-Strahlen gesetzt werden können, wurden sie A_1-Strahlen genannt (Anh. Nr. 17).

6. Elektrizitätsleitung in elektronegativen Stoffen[3]. Das Verhalten der A_1-Strahlen findet zum Teil eine Erklärung durch die elektrische Leitung in verdünnten, elektronegativen Gasen bezw. Gasgemischen. Durch Versuche in Phosphor- und Joddampf wurde wahrscheinlich gemacht, daß diese Stoffe in hohem Maße die Eigenschaft haben, negative Elektronen zu absorbieren. Im Zusammenhang hiermit dürften die eigentümlichen Erscheinungen der Selbstevakuation in derartigen, mit Phosphor- und Joddampf gefüllten Entladungsräumen stehen. Es mag bemerkt werden, daß die Aufklärung dieser Phänomene nicht allein wissenschaftliches Interesse hat, sondern daß auch die Technik daraus Nutzen ziehen würde; denn die besonders bei der Herstellung des Vakuums von Glühlampen angewandten sog. „chemischen Evakuierungsverfahren“, die in ihrer Wirkungsweise bisher recht unverständlich waren (es sei nur auf das bekannte Malignanische Verfahren hingewiesen, das in der Einführung von Phosphor-, Jod-, Arsen-, Schwefel- u. a. Dämpfen in Glühbirnen besteht), rücken durch das oben genannte, als ziemlich wahrscheinlich anzusehende große Absorptionsvermögen von Phosphor und Jod für Elektronen dem Verständnis näher.

7. Messung von ε/μ an Kathodenstrahlen[4]. Bei der Weiterführung der geplanten präzisen Messung von ε/μ an Elektronen erwies es sich als notwendig, die Messung der magnetischen Feldstärke beträchtlich genauer zu gestalten, als dies bisher möglich war. Es wurde deshalb eine neue Methode zur Messung

---

[1]) Reichenheim.
[2]) Reichenheim.
[3]) Reichenheim.
[4]) Gehrcke, v. Wogau.

magnetischer Feldintensitäten ausgearbeitet, die bereits veröffentlicht ist (Anh. Nr. 13). Man kann an Hand derselben auf verhältnismäßig einfache Weise relative magnetische Messungen mit einer Genauigkeit von 0,1 ‰ (in Feldern bis herunter zu etwa 2 Gauß) anstellen. Dieses Resultat ließ sich nur dadurch erreichen, daß es gelang, mit dem hochempfindlichen Kugelpanzer-Galvanometer von du Bois und Rubens ballistisch zu arbeiten; die Bedingungen, die hierbei innezuhalten sind, wurden eingehend studiert und sind in der Veröffentlichung angegeben.

8. Spektralpyrometer und selektive Emission von Glühlampen[1]).

Es wurde ein Pyrometer nach dem Prinzip des von Holborn und Kurlbaum beschriebenen Instrumentes konstruiert, jedoch mit dem Unterschied, daß die Wellenlänge, bei der man beobachtet, nicht durch farbige Gläser, sondern durch spektrale Zerlegung des Lichtes ausgesondert wird. Man hat dadurch den Vorteil, in beliebiger Farbe und bei großer spektraler Reinheit messen zu können. Letzterer Umstand ist wesentlich bei Helligkeitsvergleichungen an Körpern, deren Energiekurven sich stark unterscheiden.

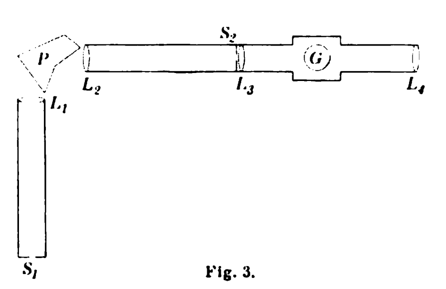


Fig. 3.

Fig. 3 verdeutlicht die Einrichtung des Instrumentes. Das Auge des Beobachters befindet sich am Spalt S_1. Das auf den Spalt S_2 fallende Licht wird durch das drehbare Flintglasprisma P zerlegt, sodaß nur ein schmaler Wellenlängenbereich durch den Spalt S_1 dringen kann. Ferner wird durch die Linse L_3 bewirkt, daß der Faden der Glühlampe G dem Beobachter deutlich sichtbar wird. Dasselbe gilt von dem strahlenden Objekt, wenn es eine bestimmte Entfernung von der Linse L_4 hat. Im Gesichtsfeld hat man also dieselbe Erscheinung wie bei dem Pyrometer von Holborn und Kurlbaum, die Meßmethode ist darum auch die gleiche.

Die Spalte S_1 und S_2 wurden so weit geöffnet, daß die Helligkeit ausreichte, um noch bei einer schwarzen Temperatur von 1000° C. beobachten zu können. Die Breite des hindurchgelassenen Spektralbezirkes betrug in diesem Falle bei $\lambda = 0{,}52\,\mu$ $0{,}007\,\mu$ und bei $\lambda = 0{,}68\,\mu$ $0{,}015\,\mu$.

Es ist vorteilhaft, in diesem Pyrometer Glühlampen mit Metallfäden zu verwenden. Bei ihnen vereinfacht sich die Eichung beträchtlich.

Wenn für die Metalle der Glühlampenfäden das Absorptionsvermögen im Gebiet sichtbarer Wellen unabhängig von der Temperatur ist, wie es früher für Platin, Gold und Silber nachgewiesen wurde, so war zu erwarten, daß die mit einer konstant brennenden Lampe bei den Wellenlängen λ und λ_0 gemessenen absoluten schwarzen Temperaturen S und S_0 in der Beziehung stehen

$$\frac{1}{S} - \frac{1}{S_0} = k.$$

Hierbei bedeutet k eine Konstante, die von der Wellenlänge, aber nicht von der Temperatur abhängt.

Durch die Versuche ist diese Vermutung bestätigt. Bei der Eichung der Lampen braucht man darum nur für eine Wellenlänge λ_0 die Beziehung zwischen der schwarzen Temperatur und der Intensität i des Lampenstromes zu beobachten und bei irgend einer Temperatur die Größe k für alle Wellenlängen zu bestimmen, bei denen man beobachten will.

Für k wurden bei verschiedenen Lampen derselben Sorte gleiche Werte gefunden.

Um das Instrument zu erproben, wurde mit ihm das Reflexionsvermögen einiger Metallspiegel bei 5 Wellenlängen des sichtbaren Lichtes gemessen.

Die Arbeit ist abgeschlossen und in *dieser Zeitschr.* **30.** *S. 61. 1910* veröffentlicht.

---

[1]) Henning.

9. Prüfung des Stefan-Boltzmannschen Gesetzes bis 1600°[1]).

Die Prüfung der nach Beobachtungen mit dem Stickstoffthermometer aufgestellten Temperatur-Skale nach dem Stefan-Boltzmannschen Gesetz ist beendigt und hat die Übereinstimmung dieser Skale mit diesem Strahlungsgesetz ergeben. Die Untersuchung wurde bei 100° und 445° mit schwarzen Körpern ausgeführt, die durch die Dämpfe von siedendem Wasser und Schwefel geheizt wurden. Oberhalb 700° benutzte man den elektrisch geheizten schwarzen Körper nach Lummer und Kurlbaum bis 1400°. Aus allen Messungen mit diesen drei Körpern ergab sich für den absoluten Wert der Konstante des Stefan-Boltzmannschen Gesetzes derselbe Wert, den Kurlbaum früher bei 100° gefunden hat. Kleinere elektrisch geheizte Körper, die außerdem in höheren Temperaturen benutzt wurden, ergaben abweichende, aber von der Temperatur unabhängige Werte für die Konstante. Die Arbeit ist im Druck erschienen.

10. Bestimmung der Konstanten c des Strahlungsgesetzes schwarzer Körper[2]).

Zur Messung von Temperaturen über 1300° abs.[3]) benutzt man in der Regel Spektralphotometer (Modelle von Holborn-Kurlbaum und Wanner), wobei die Konstante c des Wien-Planckschen Strahlungsgesetzes bekannt sein muß. Aus spektralbolometrischen Versuchen finden Lummer und Pringsheim $\lambda_{max.} \cdot T = b = 2940$ zwischen $T = 621°$ und 1646°, woraus nach Planck $c = 4{,}9651 \cdot b = 14600$, Paschen $b = 2921$ zwischen $T = 876°$ und 1581°, woraus $c = 14500$.

Aus spektralphotometrischen Messungen an Isochromaten fanden Lummer und Pringsheim $c = 14580$ zwischen 1063° und 1703°, Wanner zwischen 993° und 1573° $c = 14510$.

Bei all diesen Messungen mußte die Temperatur in der absoluten thermodynamischen Skale bekannt sein; es wurde die Skale von Holborn und Day zugrunde gelegt, in welcher man die Temperatur aus der Thermokraft eines an das Stickstoffthermometer bis 1373° angeschlossenen Elements Platin-Platinrhodium nach einer quadratischen Formel berechnet. Benutzt man mit den genannten Beobachtern die Formel für höhere Temperaturen, so mißt man in einer willkürlichen Skale, deren Übereinstimmung mit der gasthermometrischen bezw. absoluten Skale zweifelhaft ist. Indessen fanden Lummer und Pringsheim eine Bestätigung ihres Wertes $c = 14600$ bis 2300° in der Übereinstimmung des damit und nach anderen radiometrischen Methoden bestimmten Wertes dieser hohen Temperatur.

Diese Ergebnisse sind neuerdings von Holborn und Valentiner in Frage gestellt, welche die gasthermometrischen Messungen bis 1873° ausdehnten, ein Thermoelement anschlossen und mit dessen Hülfe aus spektralphotometrischen Messungen zwischen 1043° und 1723° $c = 14200$ fanden. Neuerdings findet Valentiner die Skale dieses Thermoelements durch Messungen nach dem Stefan-Boltzmannschen Gesetz bestätigt.

Da die Diskrepanz zwischen den neueren und älteren c-Bestimmungen anscheinend daher rührt, daß die Holborn-Valentinersche Skale von der über 1373° hinaus extrapolierten Holborn-Dayschen Skale abweicht, so schien es geboten, neue c-Bestimmungen oberhalb 1373° vorzunehmen, wobei man folgenden Weg einschlug.

An einem schwarzen Strahler wurden spektralbolometrisch Isothermen beim Goldschmelzpunkt und bei höheren Temperaturen aufgenommen, der Goldschmelzpunkt gleich 1337° gesetzt und daraus die höheren Temperaturen nach Wiens Verschiebungsgesetz $E_m \cdot T^{-5} =$ konst. abgeleitet. Nach dem Verschiebungsgesetz soll ferner die Intensität für gleiche Werte von λT bei zwei Temperaturen mit T^5 proportional sein; diese Bedingung zeigte sich erfüllt. Nach Plancks Gesetz soll bei konstanter Temperatur

$$\frac{E}{E_m} = \left(\frac{\lambda_m}{\lambda}\right)^5 \cdot \frac{e^{4{,}965} - 1}{e^{4{,}965 \frac{\lambda_m}{\lambda}} - 1}$$

sein. Diese Beziehung zeigte sich im aufsteigenden Ast ($\lambda < \lambda_m$) erfüllt, während im absteigenden Ast in größerer Entfernung von λ_m Differenzen auftraten, die noch aufzuklären sind.

[1]) Valentiner.

[2]) Warburg, Leithäuser.

[3]) Alle Temperaturen sind in diesem Abschnitt in absoluter Zählung angegeben.

Endlich wurde c aus Isothermen und Isochromaten bestimmt, wobei man sich auf das Gebiet beschränkte, für welches Plancks Gesetz verifiziert war, und welches für die praktische Temperaturmessung allein in Betracht kommt. Diese Messungen erstrecken sich von 1337° bis 2500°. Die Angabe von Zahlenwerten bleibt vorbehalten.

Einzelheiten. Der benutzte Apparat war der von Lummer und Pringsheim verwendete, doch wurde ein durch ein Flußspatfenster verschlossenes Vakuumbolometer benutzt und dabei die Intensität der Strahlung nicht, wie bisher üblich, durch Galvanometerausschläge, sondern durch eine Nullmethode bestimmt, nämlich die zwischen F und G (Fig. 4) durch Bestrahlung des Bolometerwiderstandes w erzeugte Spannung am Kompensationskreis K durch Regulierung des Widerstandes U kompensiert. Thermokräfte in U kommen im Vergleich zur elektromotorischen Kraft des kompensierenden Akkumulators nicht in Betracht. Ist u (0,1 Ohm) klein gegen U, den ganzen Widerstand des Kompensationskreises, und auch die durch Bestrahlung bewirkte Widerstandszunahme Δw klein gegen $w + w_2$, so ist Δw und damit die Intensität der Strahlung mit U umgekehrt proportional. Alle Reduktionen wegen Änderung der Galvanometerempfindlichkeit mit der Zeit oder mit der Ausschlaggröße fallen fort; verlangt wird nur die Konstanz der Stromquelle in K während einer Versuchsreihe.

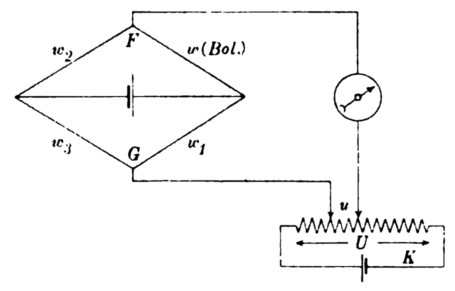


Fig. 4.

Zur Prüfung der Methode wurde die durch einen rotierenden Sektor hervorgebrachte Schwächung einer Strahlung sowohl aus der Sektoreinstellung als auch aus den Widerständen U bestimmt und nach beiden Methoden gleich gefunden.

Als Strahler diente teils das von Lummer und Kurlbaum beschriebene Modell, bei welchem ein innen geschwärztes, mit Blenden versehenes Rohr aus Marquardt-Masse durch herumgelegte Platinfolie elektrisch geheizt wird, und welches bis 1673° brauchbar ist, teils ein im Vakuum geglühtes Kohlerohr. Die Kohle wurde zuerst von Lummer und Pringsheim zu solchen Versuchen benutzt, die strahlende Öffnung kommunizierte mit der atmosphärischen Luft, die Verbrennung des Rohres wurde durch verschiedene Maßnahmen hintangehalten, konnte aber auf die Dauer nicht vermieden werden. Bei der Prüfung dieser Anordnung zeigte sich das Innere des Rohres trübe, nach Ausblasen desselben mit Stickstoff und Wiederherstellung der alten Temperatur zeigte die Strahlung eine Zunahme um etwa $^1/_7$, welche allmählich wieder verschwand. Deshalb wurde das Glühen im Vakuum bewerkstelligt. Der benutzte Vakuumstrahler hatte folgende Einrichtung (Fig. 5).

Ein Kohlerohr K von 35 *cm* Länge und 26 *mm* innerer Weite ist innerhalb eines Kastens R aus Rotguß in zwei starke kupferne Backen B_1 und B_2 eingeklemmt. Das Rohr besaß die aus der Figur ersichtliche Gestalt, war also an den Stellen, die den Klemmbacken benachbart waren, am dünnsten und hatte in der Mitte den größten Querschnitt. Hierdurch wurde die Wärmeableitung der Klemmbacken teilweise kompensiert und ein möglichst gleichmäßiges Glühen des Rohres bei Stromdurchgang erzielt. Der Rotgußkasten (Wandstärke 1 *cm*), dessen Durchschnitt aus der Figur ersichtlich ist, konnte mittels einer Gummizwischenlage G gegen eine ebenfalls gegossene Grundplatte M durch Schrauben abgedichtet werden. Er besitzt vier Durchbohrungen, von denen zwei mit Rohrfortsätzen versehene zum Austritt der Strahlung dienen und mit Flußspat- (F) oder Quarz-Fenster (Q) versehen werden können. Die übrigen zwei dienen einmal zum Evakuieren (P) und sodann zur Stromzuleitung (A_1). Da die Heizung hohe Stromstärken verlangt (bis zu 600 Amp.), so ist der Querschnitt der Klemmbacken groß (3 *qcm*) gewählt. Eine derselben (A_2) ist direkt mit dem Metallkasten leitend verbunden, sodaß dieser den einen Zuleitungspol bildet, ist jedoch mit Hülfe eines Schlittens beweglich angeordnet, um der Ausdehnung des Kohlerohrs Rechnung zu tragen; die andere ist auf ein Kupferrohr geschraubt, welches durch die erwähnte Kastenöffnung hindurchführt und mit Siegellack (S) luftdicht eingekittet wird. Um ein Schmelzen desselben zu verhüten, ist das

Rohr innen ausgebohrt und wird durch ständiges Hineinfließen von Kühlwasser kalt gehalten. Ein großes Wasserbad mit Abfluß für das warme und Zufluß für das kalte Wasser sowie mit Schwimmer zur Konstanterhaltung des Wasserniveaus kühlt den Kasten *R*. Da das durch den Strom geheizte Kohlerohr, wenn freiliegend, durch Ausstrahlung bei hoher Temperatur zu viel Energie an den Metallkasten abgeben würde, ist es in wärmeisolierendes Material eingebettet. Hierzu erwiesen sich am geeignetsten kleine Kohlekörner (Kryptol), die dicht um die Kohle herumgepackt werden. Für sehr hohe Temperaturen ist es vorteilhaft, die nächste Umgebung des Kohlerohrs mit ausgeglühter Holzkohle zu füllen, da das Kryptol, hoch temperiert, eine große elektrische Leitfähigkeit erlangt und dadurch einen Nebenschluß zum Kohlerohr bildet. Holzkohle leitet den elektrischen Strom sehr viel schlechter

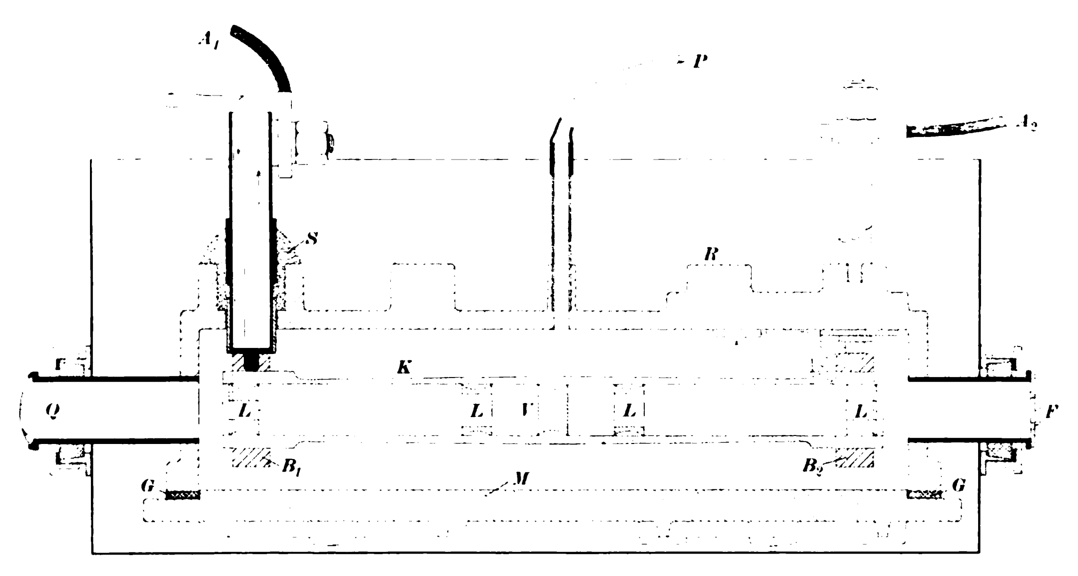


Fig. 5.

und ist von diesem Übelstand nahezu frei. Das Kryptol ist zur thermischen und elektrischen Isolation von den Klemmbacken und Kastenwänden durch eine Lage Asbest getrennt. Der Kasten *R* wird mit einer Ölpumpe evakuiert und zeigt beim Arbeiten, auch bei sehr hoher Temperatur, nur wenige Millimeter Druck.

In das geheizte Kohlerohr können Blenden *L* und ein Vollblock *V* aus Kohle eingeschoben werden. Als Kriterium für die „Schwärze“ des Strahlers dient das optische Verschwinden der letzten vor dem Vollblock befindlichen Blende gegenüber diesem selbst. Eine Temperatur von 2500° ist leicht herzustellen und konstant zu halten; die dazu verbrauchte Leistung beträgt bei gut evakuiertem Apparat etwa $4^1/_2$ Kilowatt.

Im Spektralbolometer wurde teils Flußspat, teils Quarz benutzt, welcher vor dem Flußspat den Vorteil einer etwa dreimal so großen Dispersion im Ultrarot besitzt. Die Brechungsexponenten für Quarz wurden nach Carvallo angenommen.

Bei der c-Bestimmung aus Isothermen sowie bei der Temperaturbestimmung aus E_m sind alle selektiven Eigenschaften des Apparats zu berücksichtigen. (Fortsetzung folgt.)

Referate.

Der Heliotrop, seine Geschichte, Konstruktion und Genauigkeit.

Von A. Schlötzer. *Zeitschr. d. bayer. Geometervereins* **13.** *S. 10, 49 u. 97. 1909.*

In ausführlicher Weise behandelt der Verf. die Geschichte des Heliotrops, wobei folgende Konstruktionen erwähnt werden: Die zwei ursprünglichen Gaußschen Instrumente (1820 21; dabei wird für die zweite auch die Anleitung zur Berichtigung, von Gauß selbst, aus den *Astronom. Nachr.* **5.** wieder abgedruckt); das Sextantenheliotrop (Vizeheliotrop); kurz auch die Vorschläge zu dem Gaußschen Grundgedanken, reflektiertes Sonnenlicht als Zielobjekt zu gebrauchen, die von Colby, Kater, Bessel, Haßler und Drummond ausgingen; der Heliotrop von Bohnenberger und Buzengeiger (1824; vgl. die Notiz des Ref. in *dieser Zeitschr.* **17.** *S. 201. 1897*); der von Stierlin; das Instrument von Repsold (1825, sogar schon 1823 und 1821, vgl. den Aufsatz von J. A. Repsold in *dieser Zeitschr.* **17.** *S. 4. 1897*), in der Idee vollständig übereinstimmend mit dem nach Bertram (dem Wiedererfinder, 1829) benannten; Modelle von Starke & Kammerer und der Preußischen Landesaufnahme; vereinfachte Heliotrope von Struve und von Perrier (vgl. die schon genannte Notiz in *dieser Zeitschr.* **17.** *S. 203. 1897*); der Präzisionsheliotrop; der Heliotrop von Steinheil; die zwei Konstruktionen von Miller in Cambridge; die von Galton, von Reitz (*diese Zeitschr.* **1.** *S. 338. 1881*), von Müller; das Modell der *Coast and Geodetic Survey*; das Periheliotrop von Reitz (*diese Zeitschr.* **3.** *S. 265. 1883*). Wie man sieht, eine sehr stattliche Liste. Endlich wird der Heliostat angeführt, der das sonst erforderliche beständige Wiederrichten des Heliotrops entbehrlich macht, und weitere Absätze des ersten Abschnitts behandeln die Erscheinung des Heliotroplichts und die günstigen und ungünstigen Beobachtungszeiten.

Im zweiten und wichtigsten Abschnitt untersucht der Verf. auf Grund eigener, sehr ausgedehnter Versuchsmessungen den Zielfehler z auf Heliotroplichter. Die Beträge von z sind so ermittelt, daß das Fernrohr eines Mikroskoptheodolits auf das Heliotroplicht eingestellt wird (z. T. mit dem einen der zwei Komponenten des Doppelvertikalfadens, z. T. in die Mitte dieser Fäden) und mit dem Doppelfaden des einen Schraubenmikroskops ein geeigneter Teilstrich eingestellt ist. Wird dies oft wiederholt, so erhält man aus den Abweichungen der einzelnen Beobachtungen gegen ihren Durchschnitt einen Gesamtfehler $g = \sqrt{\frac{[vv]}{n-1}}$, der sich hauptsächlich aus dem Zielfehler z und dem Einstellfehler M des Mikroskopfadens auf einen Strich der Teilung zusammensetzt, sodaß, wenn auch noch M durch besondere Versuche ermittelt ist, sich z aus

$$z = \sqrt{g^2 - M^2}$$

ergibt. An dem verwendeten Mikroskoptheodolit von Ertel & Sohn mit neuer Kreisteilung wurde als mittlerer Einstellungsfehler des Mikroskopdoppelfadens auf einen Teilstrich ermittelt

$$M = \pm 3{,}82''.$$

Den Betrag z untersucht der Verf. 1. als Funktion der reflektierenden Spiegelfläche, 2. als Funktion der Zielweite, 3. als Funktion des Luftzustandes, 4. als Funktion der Vergrößerung des Fernrohrs.

Bei 1. wird gefunden, daß schon bei $3\frac{1}{2}$ *km* Entfernung, selbst bei 50-facher Vergrößerung des Fernrohrs, es für den Einstellfehler *nicht* in Betracht kam, ob der verwendete 14 *cm* lange und 1 *cm* breite Spiegelstreifen horizontal oder vertikal gestellt war; die *Form* der Spiegelfläche ist also, selbst für kurze Zielungen, *gleichgültig*. Der Verf. hat deshalb in der Folge nur *runde* Spiegelflächen, mit Irisblende beliebig veränderbar, benutzt. Die Einstellung des linken oder rechten Fadens des doppelten Vertikalfadens des Fernrohrs zeigte sich durchaus etwas genauer als die Einstellung in die Fadenmitte; doch hängt dies offenbar von der Größe des Heliotroplichtsterns und von dem Abstand der zwei Fadenkomponenten ab, der in dem Fernrohr des Verf. offenbar zu groß war. Als ausgleichende Linie für die

Beobachtungspunkte, die den Zielfehler als von der Spiegelgröße abhängig zeigen, nimmt der Verf. eine Parabel an, nämlich den Ausdruck

$$z = k\sqrt{B-c}, \qquad 1)$$

in dem B die Spiegelfläche und c eine Konstante bedeutet (die der Größe der Spiegelfläche entspricht, die vorhanden sein müßte, damit der Zielfehler Null würde, und die proportional der Zielweite s in *km* gesetzt wird); der Verf. findet $c = 0{,}26 \cdot s$ und also gemäß Gl. 1)

$$z = k\sqrt{B - 0{,}26 \cdot s}. \qquad 1')$$

Bei 2. ist das Ergebnis, daß der Zielfehler, wenn eine konstante Spiegelfläche in verschiedenen Entfernungen s vom Instrument eingestellt wird, der Zielfehler mit wachsendem s abnimmt; z. B. ist bei 7,8 cm^2 Spiegelfläche der Betrag von z bei Zielweiten von 2,6; 3,5 7,5; 11,6; 16,8; 28,5 *km* gefunden worden zu $\pm$ 7,8; 5,1; 4,5; 1,7; 1,9; 0,9". Als ausgleichende Linie für diese Punkte ergibt sich eine Hyperbel nach

$$z = \frac{p}{\sqrt{s}}, \qquad 2)$$

z. B. bei dem angegebenen Versuch

$$z = \frac{10{,}15''}{\sqrt{s}}.$$

Um 3. zu untersuchen, wird, wenn z_0 den Zielfehler auf das Heliotroplicht bei einer bestimmten „Luftdurchsichtigkeit“ bedeutet, für andere Atmosphärenzustände d_i gesetzt

$$z_i = d_i \cdot z_0, \qquad 3)$$

wobei als Werte von d, wenn für „ganz klare“ Luft $d = 1{,}0$ gesetzt wird, für die, freilich wenig scharf definierten Luftzustände „klar, dunstig und verschleiert“ gefunden wird $d = 1{,}1;\ 1{,}3;\ 1{,}5$.

Für 4. endlich nimmt der Verf. wie gewöhnlich an, daß, wenn v die Vergrößerung des Fernrohrs bedeutet,

$$z = \frac{q}{v} \qquad 4)$$

gesetzt werden könne.

In Zusammenfassung von 1. und 2. zeigt sich, daß

$$z = k \cdot p\sqrt{\frac{B - m\,s}{s}} = K \cdot \sqrt{\frac{B - m\,s}{s}} \qquad 5)$$

gesetzt werden darf, und der Verf. findet für die „Konstante“ K den in der Tat ziemlich konstanten Wert $K = 4{,}5$. Setzt man nach Gl. 3) noch den Luftzustandsfaktor hinzu, so wird also, und zwar für das 20-fach vergrößernde Fernrohr des bei den Versuchen verwendeten Theodolits,

$$z = 4{,}5 \cdot d \cdot \sqrt{\frac{B - 0{,}26 \cdot s}{s}} \qquad 6)$$

und für ein beliebiges anderes v dementsprechend

$$z = \frac{90 \cdot d}{v}\sqrt{\frac{B - 0{,}26 \cdot s}{s}}. \qquad 7)$$

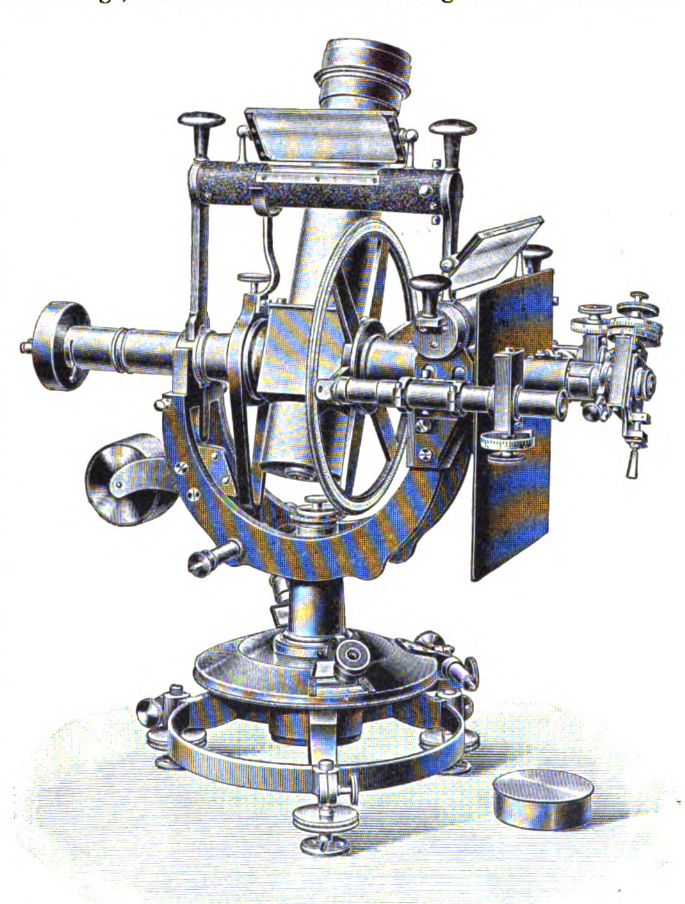
Die Formel 7) stellt das Hauptergebnis der Arbeit vor; es wird noch auf einige Beispiele angewendet. Nicht vergessen wird man dürfen, daß der Koeffizient vor der Wurzel in Gl. 7) keineswegs allgemeine Bedeutung hat, da z. B. der Wert von q in Gl. 4) ganz individuell ist (z. B. von 60" bis 10" oder in neuer Teilung etwa 2' bis 30" schwankt); auch können mancherlei Erfahrungen über die Heliotroplichter (z. B. die von Nagel bei der sächsischen Triangulation, daß gerade das scheinbar ruhigste sternförmige Licht des Heliotrops oft das in Beziehung auf die Konstanz seines Orts allerunzuverlässigste ist) die große Regelmäßigkeit und Einfachheit der Formeln des Verf. durchbrechen; und endlich wäre wohl erwünscht gewesen, daß der Verf. seine an sich sehr dankenswerten Versuche *gleichzeitig* auf andere Zielvorrichtungen, besonders *Zieltafeln*, ausgedehnt hätte.

Kleine Schlußabschnitte beschäftigen sich mit der Abblendung des Heliotroplichts durch farbige Gläser am Heliotrop oder durch Gitter vor dem Objektiv des Beobachtungstheodolits; ferner mit der Verwendung des Heliotroplichts bei der Triangulation, bei Triangulationsrekognoszierungen, als Hülfsmittel der optischen Telegraphie und zur Übermittlung von Zeitsignalen bei der Längenunterschiedsbestimmung; endlich mit der Bedienung des Heliotrops. *Hammer.*

Transportabler Meridiankreis von G. Heyde.

Nach einer Preisschrift der Universität Kasan.

In dem Referat von Prof. v. Dubiago in Kasan über eine Preisarbeit der dortigen Universität (stud. math. Jakowkin) ist das dabei verwendete *Instrument* von G. Heyde in Dresden in einer Weise beurteilt, die es rechtfertigt, diesem Instrument hier einige Zeilen zu widmen.



Es handelt sich um einen „transportablen Meridiankreis" (Nr. 2339) zur Meridianzenitdistanzmessung für Polhöhenbestimmungen; da man mit diesem Namen gewöhnlich ein Durchgangsinstrument bezeichnet, das noch mit feinem Höhenkreis versehen ist, wäre es bei dem Heydeschen Instrument wohl besser, einfach von einem *Höhenkreis* zu sprechen, wenn auch ein Durchgangsfadennetz vorhanden ist. Dieser Vertikalkreis (beliebig verdrehbar zur Änderung der Lage des Zenitpunkts) hat nur 19 *cm* Durchmesser und wird durch zwei Schraubenmikroskope auf 2″ (Schätzung 0,2″) abgelesen. Der nur als Sucher o. dgl. dienende Horizontalkreis von 16 *cm* ist an zwei Nonien auf je 20″ abzulesen. Das gebrochene Fernrohr hat 48 *mm* freie Objektivöffnung und gibt mit zwei Okularen 40- und 48-fache Vergrößerung. Das Okularmikrometernetz besteht aus 7 festen Vertikalfäden und zwei Horizontalfäden; es kann übrigens um 90° gedreht werden. Die Schrauben der Ablesemikrometer am Höhenkreis haben sich als praktisch fehlerfrei gezeigt; ebenso sind die Fehler der Teilstriche sowohl am Höhenkreis wie an dem Horizontalkreis sehr gering (der zufällige Fehler eines Strichs geht nicht über ± 0,3″ bis ± 0,4″, ein Beweis für die Eigenschaften der von Heyde konstruierten selbsttätigen Kreisteilmaschine). Als Teilwert der Höhenkreislibelle und der Achsenlibelle ergab sich 1,57″ und 1,25″. Die obenstehende Figur gibt eine Ansicht des Instruments, das bei Zeit- und Breitenbestimmung auf den Stationen Rjäsan, Pensa und Alatyr ausgezeichnete Proben seiner Leistungs- und (was hier ebenso wichtig) Transportfähigkeit abgelegt hat. Bei der Breitenbestimmung in Pensa (nach v. Sternecks Methode mit reinen *Meridian*-Zenitdistanzen am 25., 26. u. 27. August 1909) ergab sich z. B. als mittlerer

Fehler der Breite aus einem einzigen Stern ± 0,8″, sodaß bei 47 verwendeten Sternen der m. F. bei Anwendung dieses verhältnismäßig kleinen Instruments schon auf etwa 0,1″ herabgebracht war. Wenn man bedenkt, daß in jenen ± 0,8″ enthalten ist: Einstellungsfehler, Ablesefehler, systematische und zufällige Fehler der Höhenkreisteilung, Refraktionsfehler, Deklinationsfehler des Berliner Astronomischen Jahrbuchs, so wird man allerdings diese Leistung des Instruments (wie des Beobachters) als hervorragend bezeichnen müssen. Selbst größere Instrumente haben in den Händen erfahrener Beobachter nicht dasselbe geleistet. Die Zeitbestimmungen hat Jakowkin nach der Zingerschen Methode (gleiche Höhen von Sternen nach Ost und nach West) gemacht mit dem Ergebnis: m. F. von Δu aus einem Sternpaar $\pm 0{,}046^s$. *Hammer.*

Elektrische Schaltordnung zur Auswertung von Formeln und zur Auflösung von Gleichungen.

Von A. Russell und A. Wright. *Phil. Mag.* **18.** *S. 291. 1909.*

Elektromagnetische Methode zum Studium der Theorie und zur Auflösung algebraischer Gleichungen.

Von A. Russell und I. N. Alty. *Ebenda* **18.** *S. 802. 1909.*

Die in der erstgenannten Arbeit mitgeteilte, von Hrn. Wright erdachte sehr sinnreiche Methode zur mechanisch-elektrischen Berechnung von Funktionswerten und Auflösung von Gleichungen besteht im wesentlichen in einer gleichzeitigen Anwendung des Prinzips des logarithmischen Rechenschiebers, der Wheatstoneschen Brückenschaltung und eines eigentümlich geformten Rheostaten. Der letztere ist in folgender Weise konstruiert: Eine dünne Platte aus Isoliermaterial ist so ausgeschnitten, wie $OSCYO$ in Fig. 1 zeigt. Die Gleichung des gekrümmten Teiles ist

$$y = k \cdot 10^{-\frac{x}{h}},$$

wo h, k Konstanten bedeuten und $OY = k$, $OS = h$, $SC = k/10$ ist. Diese Schablone ist mit zahlreichen Windungen dünnen besponnenen Manganindrahts bewickelt, die parallel zu OY verlaufen. Längs OS ist die Isolation entfernt, damit in einem beliebigen Punkte N von

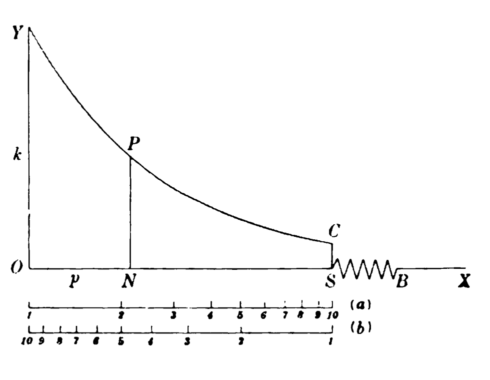


Fig. 1.

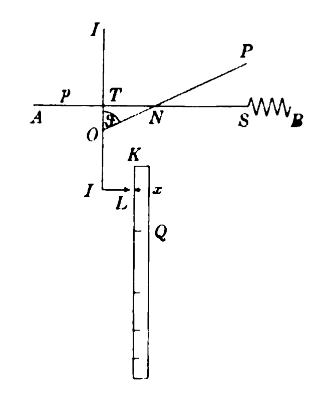


Fig. 2.

OS mittels Schleifkontakts ein Stromschluß bewirkt werden kann. Ferner ist längs OS eine logarithmische Teilung angebracht wie auf einem gewöhnlichen Rechenschieber. Der Widerstand des Rheostaten von O bis N ist angenähert proportional der Fläche $ONPY$, und wenn der ganze Rheostatenwiderstand 0,9 R beträgt und mit ihm ein Widerstand $SB = 0{,}1\ R$ in Reihe geschaltet ist, so hat der Widerstand NB den Wert R/p, wo p die zu N gehörige Ablesung am logarithmischen Maßstab bedeutet. Die Wirkungen des letzteren und der Gestalt der Kurve heben also einander auf. Der Schleifkontakt, der bei N den Rheostatendraht berührt, hat folgende Konstruktion (vgl. Fig. 2). Das geradlinige Metallstück ONP ist um O

drehbar, während O selbst längs der Vertikalen II verschiebbar ist. Die Größe der Verschiebung kann durch einen Index L an einem ebenfalls logarithmischen Maßstab KQ abgelesen werden, der mit dem vorher erwähnten kongruent ist. Ist x die Ablesung an diesem Maßstab und ϑ der Drehwinkel des Schleifstücks gegen die Vertikale, p die logarithmisch gemessene Entfernung der Vertikalen vom Anfangspunkte A der horizontalen Skale, so zeigt eine einfache Überlegung, daß der Widerstand von N bis B gleich $R : p\,x^{tg\,\vartheta}$ ist. Dadurch, daß man für ϑ passende Werte wählt, kann man bewirken, daß dieser Widerstand einer beliebigen Größe der Form $a\,x^{\alpha}$ gleich wird.

Um Werte zu erhalten, die durch Addition und Subtraktion solcher Ausdrücke entstanden sind, bedienen sich die Verfasser einer Wheatstoneschen Brückenschaltung (vgl. Fig. 3): Ist O die Widerstandsmitte von PQ, so muß, wenn G stromlos ist, $1 : N_1 B_1 = 1 : N_2 B_2 + 1 : N_3 B_3$ sein; also, wenn a_1, a_2, a_3 die entsprechenden Skalenablesungen bedeuten und die Rheostaten $A_1 B_1$, $A_2 B_2$, $A_3 B_3$ denselben Gesamtwiderstand R haben, so ist $a_1 = a_2 + a_3$.

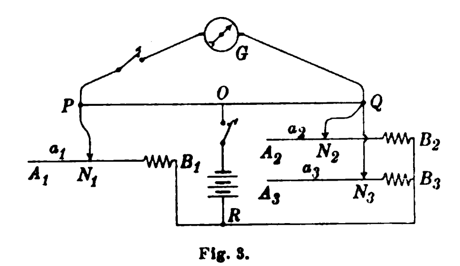


Fig. 3.

Aus diesen Prinzipien geht unmittelbar hervor, wie eine geeignete Kombination der geschilderten Vorrichtungen jede Funktion der Form $a\,x^{\alpha} + b\,x^{\beta} + \ldots$ numerisch auszuwerten gestattet, wobei a, α, b, β, ... beliebige positive oder negative reelle Zahlen bedeuten. Auf weitere Einzelheiten kann hier nicht eingegangen werden.

Die Verf. teilen ihrer Methode eine Genauigkeit von etwa ein Prozent zu. Meßresultate werden aber nicht angegeben.

Es läßt sich nicht leugnen, daß es sich hier um einen geistreichen Versuch handelt, mathematische Rechnungen durch eine experimentelle Anordnung zu ersetzen. Solche Versuche sind vielfach angestellt worden; aber wenn sie zu praktisch brauchbaren Methoden führen sollen, in der wesentlichen Absicht, Gedankenarbeit zu sparen, so müßten sie zu möglichst einfach und leicht — mechanisch, im psychologischen Sinne — benutzbaren Apparaten ausgebaut werden. Man kann das von der hier beschriebenen Methode kaum behaupten. Es gehört, ganz abgesehen von der großen Zahl von Hülfsapparaten u. s. w., eine gründliche vorherige Überlegung der Schaltskizze, ein aufmerksames Achten auf Experimentalfehler (z. B. an den Schleifkontakten), also eine nach Ansicht des Ref. nicht unbeträchtliche Geistesarbeit dazu, um eine im Vergleich damit äußerst bescheidene Genauigkeit im Resultat zu erhalten. Um die Tabelle einer noch so komplizierten Funktion oder die Lösung einer noch so verwickelten numerischen Gleichung auf nur ein Prozent zu finden, wird man mit den gewöhnlichen Methoden der Reihenentwicklung ungleich schneller zum Ziele gelangen.

Die zweite Abhandlung beschäftigt sich namentlich mit dem Auffinden komplexer Wurzeln algebraischer Gleichungen durch eine elektromagnetische Methode, die theoretisch zwar ebenfalls sehr sinnreich, aber experimentell kompliziert ist und dabei eine noch geringere Genauigkeit liefert als die vorherige. Einem praktischen Bedürfnis wird dadurch wohl nicht entgegengekommen. *Rt.*

Über ein wärmegeschütztes Luftbarometer.

Von J. Carpentier. *Compt. rend.* ***149.*** *S. 1028. 1909.*

Bei dem nach Angabe des Marquis de Montrichard konstruierten Barometer wird die abgesperrte Luftmasse dadurch auf nahezu konstanter Temperatur gehalten, daß man sie in ein Vakuummantelgefäß einschließt. Das Barometer hat die kompendiöse Form einer Dose, deren unterer Teil das Vakuummantelgefäß aufnimmt; über diesem ist horizontal eine spiralig gebogene Glaskapillare angeordnet, in welcher sich der die Luftmasse abschließende Index (Quecksilber oder eine gefärbte Flüssigkeit) über einer Teilung bewegt.

Das der französischen Akademie der Wissenschaften vorgeführte Instrument hatte eine Empfindlichkeit der Bewegung des Index in der Spiral-Kapillare von 5 *mm* für eine Veränderung der Höhenlage des Instrumentes um 1 *m*, das sind etwa 50 *mm* Indexverschiebung für 1 *mm* Luftdruckänderung.

Die Konstanz der Temperatur der abgesperrten Luftmasse soll nach einer Idee des Marquis de Montrichard, die aber bei dem der Akademie vorgezeigten Modell noch nicht ausgeführt zu sein scheint, dadurch erhöht und auf solche Weise das Instrument zu einem absoluten Barometer gestaltet werden, daß im Rezipienten eine Höhlung vorgesehen wird, die man mit schmelzendem Eise füllt. Das Eis hält sich unter dem Schutze des Vakuummantelgefäßes mehrere Tage und sichert der abgeschlossenen Luftmasse für diese Zeit die konstante Temperatur 0°, ein Zustand, der auch später jederzeit in unveränderter Weise wiederhergestellt werden kann.

Abgesehen von der kompendiösen Form, ist an der beschriebenen Anordnung nichts Neues. Behn und Kiebitz (*Physikal. Zeitschr.* **4.** *S. 543. 1903*) brachten bereits ein durch Glyzerin abgeschlossenes Luftbarometer mit einer Mischung von Eis und Wasser in ein Vakuummantelgefäß und leiteten den Barometerstand aus dem Stande der Glyzerinsäule in der vertikal angeordneten Kapillare ab. Die gleichen Autoren geben auch eine Berechnung der Teilung. *Schl.*

Untersuchungen schwingender Flammen.

Von K. Marbe und M. Seddig. *Ann. d. Physik* **30.** *S. 579. 1909.*

Die überaus scharfen Rußringe, die Marbe vor einiger Zeit durch schwingende Flammen auf einem über die Flamme weggezogenen Papierstreifen zu erzeugen lehrte (vgl. *diese Zeitschr.* **27.** *S. 345. 1907*), legten den Wunsch nahe, den Mechanismus der schwingenden Flammen eingehender und nach möglichst objektiven Methoden zu untersuchen, um daraus den Vorgang dieser exakten Ringbildung deutlich erkennen zu können. Es ist nun Marbe und Seddig gelungen, eine für solche Untersuchung geeignete Methode auszuarbeiten. Sie führte auf interessante Ergebnisse, die wie die Methode selbst in der vorliegenden Arbeit mitgeteilt sind.

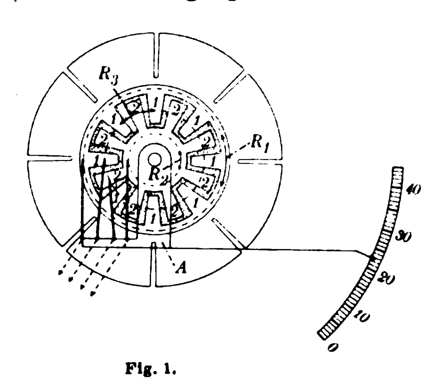


Fig. 1.

Um die untersuchte Azetylenflamme in Schwingungen zu versetzen und zu erhalten, wurde das Gas vor dem Austritt durch eine Kapsel geleitet, welche von einer nach dem Telephonprinzip durch Wechselstrom in Schwingung versetzten Membran verschlossen war. Die schwingende Flamme wurde mit Hülfe der folgenden Anordnung in einer Reihe von verschiedenen Phasen photographiert. Vor dem sehr lichtstarken Objektiv einer photographischen Kamera rotiert eine auf der Achse eines Elektromotors sitzende Spaltscheibe von 30 *cm* Durchmesser, die als Momentverschluß dient. Sie ist in Fig. 1 schematisch dargestellt. Auf der gleichen Achse ist eine elektrische Kommutatorvorrichtung befestigt. Die mit „*2*“ bezeichneten Metallteile der Kommutatorscheibe sind durch die punktiert gezeichnete Zwischenlage von den mit „*1*“ bezeichneten Teilen isoliert. Auf den Ringen R_1 und R_2 schleifen Federn, an welche eine Gleichstromquelle angelegt wird, auf dem Ring R_3 zwei weitere Federn, von denen bei der Rotation, wie ersichtlich, Wechselstrom abgenommen werden kann. Dieser Wechselstrom dient zur Erregung der Schwingungen der Flammenkapselmembran. Fig. 1 läßt erkennen, daß bei der Rotation, solange die relative Lage von Kommutator zu Spaltscheibe festgehalten wird, auf der hinter der Spaltscheibe befindlichen photographischen Platte ein Bild der Flamme in einer ganz bestimmten Phase der Schwingung entsteht, und daß bei Veränderung der relativen Lage von Kommutator zu Spaltscheibe eine andere Phase sich abbilden muß. Dreht man langsam an dem zur Veränderung der relativen Lage dienenden Arm *A*, so sieht man in der Tat auf einer an Stelle der photo-

graphischen Platte eingeschobenen Mattscheibe die kontinuierlich aufeinanderfolgenden Phasen der Schwingung der Flamme und kann sie bequem studieren.

Es wurde nun auf die angegebene Weise eine Reihe von Photogrammen hergestellt, welche 22 verschiedene aufeinanderfolgende Phasen[1]) einer Flammenschwingung enthielten. In Fig. 2 und 3 sind zwei solche Photogramme reproduziert. Der direkte Anblick der verschiedenen Phasen auf der Mattscheibe wie auch die Photogramme lehren, daß in der Nähe der Brenneröffnung eine Ausbauchung entsteht, welche in den einzelnen Phasen immer weiter nach oben rückt, und welche schließlich ein von der Flamme getrenntes „Paket" darstellt, das gleichfalls immer mehr in die Höhe geht und überdies immer lichtschwächer wird; bisweilen teilt sich die Ausbauchung bezw. das Paket. Bei Flammen von sehr geringer Höhe (0,5 *cm*) zeigten sich Ausbauchungen bezw. Einschnürungen ähnlicher Art, nur weniger tief; ein Zerreißen fand nicht statt; bei einer bestimmten Phase verschwand aber die Flamme vollkommen im Brenner.

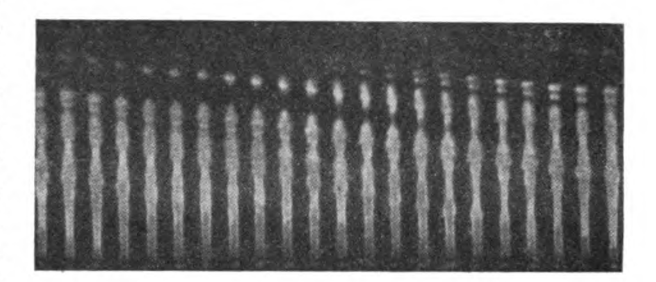


Fig. 2.

Die Erscheinungen können, wie die Verf. näher ausführen, zwanglos in folgender Weise erklärt werden. In der Flamme muß sich eine Druckschwankung von der Brenneröffnung bis in die Spitze fortpflanzen; dieser Schwankung entspricht die Wanderung der Ausbauchung. Daß sich die Pakete losreißen, ist ein Analogon zu dem Zerbrechen eines in longitudinale Schwingungen versetzten Glasrohres, und daß dieses Losreißen erst an der Spitze vor sich geht, ist auf die größeren Kohäsionskräfte des Flammenmantels in dem unteren Teil der Flamme zurückzuführen. Auch die Abweichung in den Erscheinungen bei kleiner Flammenhöhe läßt sich leicht aus dieser Betrachtungsart entwickeln.

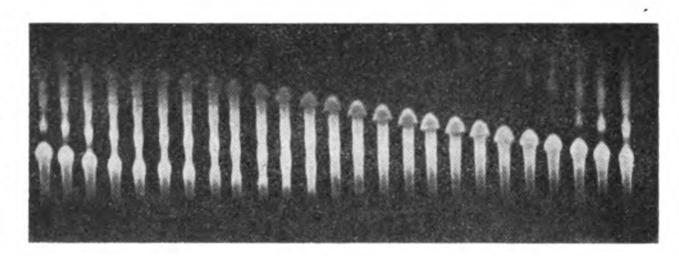


Fig. 3.

S. V.

Messung des Brechungsindex von Flüssigkeiten mit Hülfe des Mikroskops.

Von L. Décombe. *Compt. rend.* **150.** *S. 389. 1910.*

Verf. kombiniert die Methode von Brewster (Einstellung des Mikroskops durch die zu untersuchende Substanz hindurch auf eine Marke) und, was er nicht erwähnt, von Piltschikoff (Messung der Brennweiten einer hohlen, mit verschiedenen Substanzen zu füllenden Linse) und glaubt, genauer als auf eine Einheit der dritten Dezimale messen zu können. Die Beschreibung des Verfahrens ist unklar; Verf. scheut sich z. B. nicht, in einem und demselben Satze mit A einen leuchtenden Punkt und eine Konstante zu bezeichnen; er plant die Konstruktion eines Refraktometers, auf dessen Beschreibung seinerzeit näher einzugehen wäre.

Lö.

[1]) Expositionsdauer je nach Stärke der Flamme zwischen 1 und 15 Min.

Magnetinduktoren für höhere Frequenzen.

Von R. Hartmann-Kempf. *Physikal. Zeitschr.* **10.** *S. 1018. 1909.*

Die neuen Magnetinduktoren von Hartmann & Braun A.-G. in Frankfurt a. M. sind Wechselstrommaschinen mit feststehendem Anker und umlaufenden permanenten Magneten; letztere liegen außen. In Fig. 1 ist eine 6-polige Maschine dargestellt. Der rotierende Teil

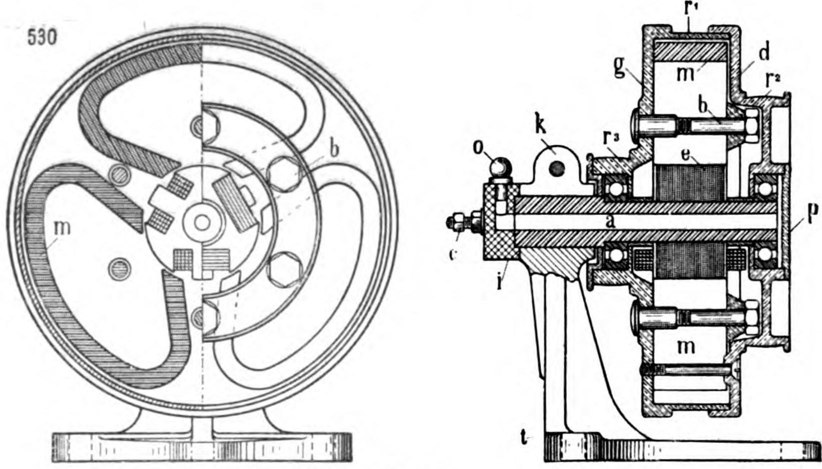


Fig. 1.

läuft in Kugellagern und ist gleichzeitig als dreistufige Riemenscheibe ausgestaltet. Der zentral liegende, ruhende Anker enthält nur halb soviel Spulen, als die Polzahl beträgt. Ähnliche Induktoren werden mit 12, 24 und 48 Polen gebaut; sie können mit einer maximalen Tourenzahl von 3000 pro Minute laufen. Für akustische Versuche brauchbar sind Doppel-

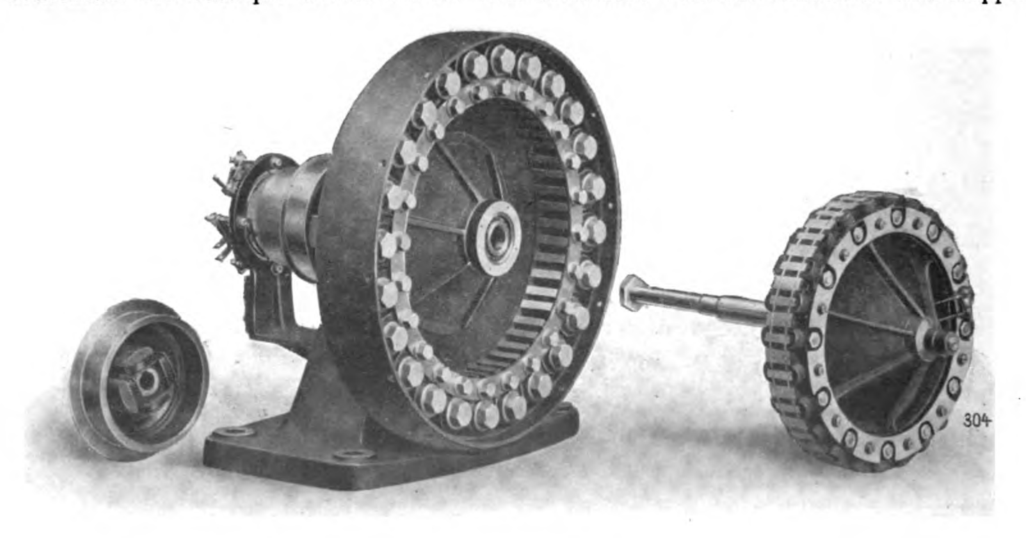


Fig. 2.

induktoren, bei denen zwei Maschinen mit verschiedener Polzahl in einem Gehäuse vereinigt sind.

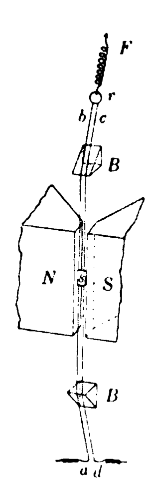
Auch ein Hochfrequenzinduktor für die maximale Frequenz 2500 ist gebaut worden. Er besteht aus einer 24-poligen Maschine (Fig. 2), bei welcher der Anker ebenfalls drehbar ist. Anker und Polkranz werden von außen mit gleicher Geschwindigkeit in entgegengesetzter

Richtung angetrieben. Auf dieselbe Achse ist noch eine kleine vierpolige Maschine aufgesetzt, deren Frequenz also den 12. Teil der großen Maschine beträgt. Indem man die Frequenz der kleinen Maschine mit einem gewöhnlichen Resonanzfrequenzmesser mißt, erhält man auch den Betrag der Frequenz der größeren Maschine, ein Verfahren, das auch schon von M. Wien bei seinen Sirenen angewandt worden ist. Die höchste Leistung, welche die große Maschine abgeben kann, beträgt 500 Watt. *E. O.*

Bifilares Vibrationsgalvanometer[1]).

Von W. Duddell. *The Electrician* **63.** *S. 302. u. 620. 1909; Phil. Mag.* **18.** *S. 168. 1909.*

Bei den Vibrationsgalvanometern kann man wie bei den gewöhnlichen Galvanometern zwei verschiedene Arten, nämlich Nadel- und Spulengalvanometer, unterscheiden. Zu den ersteren gehören die bekannten Vibrationsgalvanometer von Rubens und von M. Wien, bei welchen der zu messende Wechselstrom feste Spulen durchfließt, während das bewegliche System aus Eisen- oder magnetisierten Stahl-Nadeln besteht. Bei den Galvanometern der zweiten Art, zu welchen das Campbellsche zu rechnen ist (vgl. das Referat in *dieser Zeitschr.* **27.** *S. 354. 1907*), fließt der zu messende Strom in einer beweglichen Spule, die in einem festen Magnetfeld angeordnet ist. Zu dieser zweiten Art gehört auch das neue bifilare Vibrationsgalvanometer von Duddell. Es unterscheidet sich vom Campbellschen dadurch, daß statt einer Spule mit vielen Windungen eine einzige, bifilare Windung gesetzt ist; es gleicht daher in seiner Form im wesentlichen einem bifilaren Oszillographen. Während es aber bei diesem darauf ankommt, das schwingende System möglichst aperiodisch zu dämpfen, muß umgekehrt beim bifilaren Vibrationsgalvanometer die Dämpfung so klein als möglich gemacht werden[2]).



Zwischen den Polen *NS* eines Dauermagnets (vgl. die Figur) ist ein feiner Bronzedraht *a b c d* in Form einer bifilaren Schleife ausgespannt. Die Schleife ist an ihrem oberen Ende über eine Rolle *r* geführt und kann durch eine Feder *F* verschieden stark gespannt werden. Durch die beiden verstellbaren Stege *BB* kann ein mehr oder weniger großes Stück der Schleife abgegrenzt werden. Die beiden Drähte der Schleife werden vom Strom in entgegengesetzter Richtung durchflossen, bewegen sich also im Magnetfelde in entgegengesetzten Richtungen, sodaß ein auf der Schleifenmitte befestigter kleiner Spiegel *s* Schwingungen um eine vertikale Achse ausführt, die in der bei Vibrationsgalvanometern üblichen Weise beobachtet werden. Spannung und Länge der Schleife werden so gewählt, daß die Eigenschwingung des Systems mit der Frequenz des zu messenden Wechselstromes in Resonanz ist. Ein Hauptvorzug des Instrumentes besteht nun darin, daß man mit einem und demselben System durch Verändern von Länge und Spannung der Schleife Resonanz für ein sehr großes Frequenzbereich (etwa 90 bis 1900) herstellen kann.

Die Amplitude der Schwingungen beträgt bei Abstimmung auf die Frequenz 100 und bei einem Skalenabstand von 1 *m* etwa 50 *mm* für 1 Mikroampere, sodaß ein Strom von etwa $5 \cdot 10^{-9}$ Amp. noch wahrnehmbar ist. Die Empfindlichkeit nimmt mit wachsender Frequenz ab und ist nahezu umgekehrt proportional der Frequenz, für welche das System abgestimmt ist. Der Widerstand beträgt 136 Ohm, die Selbstinduktion ist verschwindend klein.

Abstimmung auf eine bestimmte gegebene Frequenz ist für verschiedene Kombinationen von Spannung und Länge der Schleife möglich; die Empfindlichkeit ist, wie die Messungen Duddells zeigen, bei allen Kombinationen nahe die gleiche. Wird der Dauermagnet durch einen Elektromagnet ersetzt, so läßt sich die Empfindlichkeit auf etwa den dreifachen Wert steigern.

---

[1]) Englisches Patent Nr. 1779. 1908.

[2]) In der Reichsanstalt ist bereits im Jahre 1905 (vgl. *diese Zeitschr.* **26.** *S. 151. 1906*) ein Oszillograph mit ungedämpften Bifilarsystemen als Vibrationsgalvanometer benutzt worden.

Bei den äußerst geringen Abmessungen des Spiegels ist eine gute optische Anordnung für die Ablesung erforderlich.

Das Instrument wird von der Firma Nalder Bros. & Co., London, zum Preise von etwa 300 M. hergestellt. *Gb.*

Bücherbesprechungen.

J. Scheiner, Spektralanalytische und photometrische Theorien. Bd. 14 von: Wissen und Können. Sammlung von Einzelschriften aus reiner und angewandter Wissenschaft. Hrsg. v. Prof. Dr. B. Weinstein. gr. 8°. IV, 187 S. m. 11 Fig. im Text. Leipzig, J. A. Barth 1909. Geb. in Leinw. 6 M.

Der Verf. will „eine möglichst gedrängte Zusammenstellung der wichtigeren theoretischen Untersuchungen auf dem Gebiet der Spektralanalyse und der Photometrie geben, immer in besonderer Rücksichtnahme auf die Anwendung am gestirnten Himmel. Die theoretischen Erörterungen sind wesentlich mathematischer Art; unter Fortlassung der Zwischenentwicklungen ist nur eine Darlegung in größeren Schritten gegeben nach Art kurzer Referate.“ Hier sei kurz das Inhaltsverzeichnis angegeben: I. Abschnitt. Spektralanalytische Theorien. 1. Kap. Die Strahlung, der Kirchhoffsche Satz; 2. Kap. Die Kirchhoffsche Funktion; 3. Kap. Das Emissionsvermögen der Gase; 4. Kap. Die Verschiebung und Verbreiterung der Spektrallinien; 5. Kap. Gesetzmäßigkeiten in der Zahl der Linien; 6. Kap. Gesetzmäßigkeiten in der Linienverteilung. II. Abschnitt. Photometrische Theorien. 1. Kap. Allgemeine Theorien; 2. Kap. Speziellere Theorien.

Die kleinsten, bisher zur Wahrnehmung gebrachten Wellenlängen (*S. 4*) sind nicht 0,2 μ, sondern 0,1 μ; es ist ja das Verdienst Schumanns, die Grenze auf 0,1 μ herabgesetzt zu haben (V. Schumann, *Sitzungsber. d. Wiener Akad.* ***102,*** *II A. S. 415 u. 625. 1893;* Th. Lyman, *Astrophys. Journ.* ***19.*** *S. 263. 1904;* ***23.*** *S. 181. 1906;* Referate in *dieser Zeitschr.* ***24.*** *S. 334. 1904;* ***26.*** *S. 346. 1906.*) Im 4. Kap. fehlen bei Besprechung des Dopplerschen Prinzips die Linienverschiebungen in Kanalstrahlen (J. Stark, *Physikal. Zeitschr.* ***6.*** *S. 892. 1905;* ***7.*** *S. 747. 1906* u. s. w.) und in Anodenstrahlen (E. Gehrcke und O. Reichenheim, *Ann. d. Physik* ***25.*** *S. 861. 1908*); auch hätte hier die überraschende Entdeckung der sog. spektroskopischen Doppelsterne Erwähnung finden dürfen, desgleichen die von Humphreys und Mohler beobachteten Linienverschiebungen durch Druck (*Astrophys. Journ.* ***3.*** *S. 114. 1896;* ***4.*** *S. 175 u. 249. 1896;* ***6.*** *S. 169. 1897;* ***22.*** *S. 219. 1905*). Kap. 5 hätte wohl stark gekürzt werden können. In Kap. 6 fehlen die wichtigen Arbeiten von W. Ritz gänzlich (*Ann. d. Physik* ***12.*** *S. 264. 1903; Physikal. Zeitschr.* ***9.*** *S. 244 u. 521. 1908*; F. Paschen, *Ann. d. Physik* ***27.*** *S. 537. 1908*). Die Angaben über die Linien der Elemente sind sehr lückenhaft. So fehlen, um nur eines herauszugreifen, die Balyschen Messungen der Spektren von Neon, Krypton und Xenon (*Phil. Trans. Roy. Soc. London* ***202.*** *S. 183. 1904*). Überhaupt hat die Literatur nach 1902 kaum Erwähnung gefunden. Versehen, wie z. B. *S. 70*: „Vergrößerung der Wellenlänge, also Annäherung zwischen Lichtquelle und Beobachter“, wird ein aufmerksamer Leser von selbst berichtigen.

Da die Originalabhandlungen nicht immer leicht zugänglich sind, so ist eine Zusammenstellung der wichtigeren spektralanalytischen und photometrischen Theorien wie auch der Serien in den verschiedenen Spektren recht erwünscht; vielleicht wäre es aber besser gewesen, zwecks gründlicherer Erörterung der einzelnen Fragen die spektralanalytischen und photometrischen Theorien gesondert in je einem Bande herauszugeben. *L. J.*

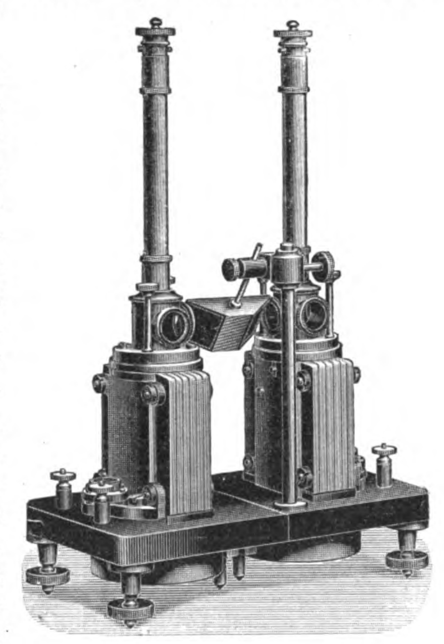
Neue Preisliste von Siemens & Halske A.-G., Wernerwerk in Berlin-Nonnendamm.

Preisliste 55: Elektrische Temperatur-Meßgeräte. 8°. 25 S. m. Fig. 1909.

Die Liste bildet den Ersatz für die Liste 55 (1907) (vgl. *diese Zeitschr.* ***28.*** *S. 32. 1908*) nebst den Nachträgen I, II und III; sie umfaßt die thermoelektrischen Pyrometer, Widerstandsthermometer und optischen Pyrometer (nach Holborn-Kurlbaum) mit allen Hülfsapparaten.

Bei den Thermoelementen selbst sind Neuheiten nicht zu verzeichnen; auch sind die wesentlichsten Änderungen bei den Schutzrohren wie die Einführung der Quarzdoppelrohre und vernickelten Eisenrohre bereits in Nachtrag I zur vorigen Liste aufgeführt. Die Zeigergalvanometer werden nach wie vor ausschließlich nach dem Drehspulenprinzip in den zwei Typen mit Aufhängung an einem Metallbändchen und mit Spitzenlagerung hergestellt. Bemerkenswert ist neben dem bekannten Registrierpyrometer nach dem ersten Typ ein neues kleineres mit Spitzenlagerung und Trommelregistrierung, das beträchtlich einfacher und dementsprechend wohlfeiler ist. Seine Genauigkeit ist allerdings geringer und seine Registrierperiode 2 bis 12 Minuten gegenüber $^1/_4$ Minute bei dem größeren Modell; indessen dürfte dies für sehr viele technische Zwecke vollständig ausreichen, zumal seine Empfindlichkeit gegen Erschütterungen geringer sein soll als bei jenem. Von der Firma neu eingeführt ist die Anbringung von einstellbaren Maximal- und Minimalkontakten, eine Einrichtung, die in der Reichsanstalt bereits seit vielen Jahren in Gebrauch ist.

Die Lindecksche Schaltung erscheint in etwas anderer Gestalt infolge einer anderen Anordnung der einzelnen Teile. So ist der Regulierwiderstand jetzt nicht mehr auf demselben Grundbrett wie die Ausschlaginstrumente und Abzweigwiderstände montiert.



Das erhöhte Interesse, das von der Technik dem Studium der Haltepunkte bei der Abkühlung von Metallen zugewandt wird, hat die Ausarbeitung von Spezialapparaten für diesen Zweck veranlaßt. Die Aufnahme einer Abkühlungskurve, aus deren Unregelmäßigkeiten auf das Vorhandensein von Haltepunkten geschlossen wird, kann am leichtesten mit einem einfachen Thermoelement in Verbindung mit einem Registrierpyrometer geschehen. Ungleich empfindlicher ist jedoch die Differenzmethode, bei der von den beiden Lötstellen eines Differenzialthermoelementes die eine sich in einem indifferenten Material, die andere in dem zu untersuchenden Metalle abkühlt. Hierbei bedarf es aber noch einer besonderen Bestimmung der Temperatur, bei der der Haltepunkt aufgetreten ist. Um beide Angaben aus *einer* Kurve ablesen zu können, ist bei dem hier angezeigten Apparate nach Saladin die Einrichtung getroffen, daß ein Lichtstrahl nacheinander von den Spiegeln zweier nahe beieinander stehenden Galvanometer reflektiert wird; dem Ausschlag des einen Galvanometers entspricht dabei eine Bewegung des Lichtzeigers in der vertikalen Richtung und dem Ausschlag des anderen Galvanometers eine Bewegung in horizontaler Richtung. Um dies zu erreichen, ist zwischen den beiden Galvanometern ein total reflektierendes Prisma so angebracht, daß seine spiegelnde Grundfläche gegen die Vertikale um 45° geneigt ist (vgl. die Figur). Die horizontale Bewegung des vom Spiegel des linken Galvanometers kommenden Lichtzeigers wird durch Reflexion an der so orientierten Grundfläche des Prismas in eine vertikale Bewegung verwandelt und diese kombiniert sich nach Reflexion an dem Spiegel des zweiten Galvanometers mit dessen horizontaler Bewegung in der gewünschten Weise. Es leuchtet ein, daß man hierdurch bei Verwendung eines Differenzialthermoelementes für das eine und eines einfachen Elementes für das andere Galvanometer auf der photographisch registrierten Kurve den Haltepunkt in Abhängigkeit von der Temperatur erhält.

Einen verhältnismäßig breiten Raum beanspruchen die Widerstandsthermometer mit ihren Hülfseinrichtungen. Ihr wesentlicher Bestandteil, für den die Firma den nicht sehr zweckmäßigen Namen „Widerstandselement“ einführt, ist der von W. C. Heraeus in Hanau hergestellte Quarzglas-Widerstand, bei dem ein Platindraht unmittelbar in Quarzglas einge-

schmolzen ist. Seine Änderung mit der Temperatur wird in der Wheatstoneschen Brücke gemessen, wobei als Stromquelle entweder eine besondere Batterie von Trockenelementen oder Akkumulatoren dient, oder eine als „Kompensator“ bezeichnete Schaltung, die unter Verwendung eines Eisenwiderstandes und einer oder mehrerer elektrolytischer Zellen aus einem vorhandenen Gleichstromnetze die erforderliche Meßspannung mit hinreichender Konstanz zu entnehmen gestattet, auch wenn die Netzspannung selbst erheblichen Schwankungen unterliegt. Wie für die Thermoelemente werden auch für die Widerstandsthermometer entsprechende Montierungen, Ausschlaginstrumente mit Umschaltern und Registrierapparate geliefert, bei denen ebenfalls Maximal- und Minimalkontakte angebracht werden können.

Den Schluß bildet das optische Pyrometer nach Holborn-Kurlbaum, an dem wesentliche Änderungen nicht vorgenommen sind. *Hffm.*

Neu erschienene Bücher.

W. Jordan, Handbuch der Vermessungskunde, fortgesetzt v. weil. Prof. Dr. C. Reinhertz. I. Bd. Ausgleichungs-Rechnung nach der Methode der kleinsten Quadrate. 6., erweit. Aufl., bearb. v. Prof. Dr. O. Eggert. gr. 8°. XI, 596 u. 21 S. m. Fig. Stuttgart, J. B. Metzler 1910. 14 M.

A. Thomälen, Kurzes Lehrbuch der Elektrotechnik. 4., verb. Aufl. gr. 8°. VIII, 530 S. Berlin, J. Springer 1910. Geb. in Leinw. 12 M.

F. Soddy, Die Natur des Radiums. Bearb. nach sechs an der Universität zu Glasgow im J. 1908 gehaltenen freien populären Experimentalvorlesungen. Übers. v. Prof. G. Siebert. 8°. XVI, 272 S. m. 31 Abb. im Text u. auf Taf. Leipzig, J. A. Barth 1909. 5 M.; geb. in Leinw. 6 M.

J. Chappuis u. A. Berget, *Leçons de Physique Générale.* 2., durchges. Aufl. In 4 Bdn. Bd. III: *Acoustique; Optique.* gr. 8°. Mit Fig. Paris 1909. 12 M.

Bd. I u. II. 678 u. 557 S. m. 706 Fig. 1900—1907. 27,50 M.

F. Kohlrausch, Lehrbuch der praktischen Physik. 11., stark verm. Aufl. des Leitfadens der prakt. Physik. 28.—34. Taus. 8°. XXXII, 736 S. m. 400 Fig. Leipzig, B. G. Teubner 1910. Geb. in Leinw. 11 M.

Th. Tapla, Grundzüge der niederen Geodäsie. I. Methoden u. Dispositionen (Dispositionslehre). 2., verb. Aufl. gr. 8°. VII, 60 S. m. 11 Taf. Wien, F. Deuticke 1910. 3 M.

R. T. Cole, *Treatise on Photographic Optics.* 8°. 338 S. m. Fig. London 1909. Geb. in Leinw. 2,70 M.

Wissen u. Können. Sammlung von Einzelschriften aus reiner u. angewandter Wissenschaft. Hrsg. v. Prof. Dr. B. Weinstein. gr. 8°. Leipzig, J. A. Barth.

17. W. Ostwald, Die Entwickelung der Elektrochemie in gemeinverständlicher Darstellung. III, 208 S. m. 4 Abb. 1910. Geb. in Leinw. 5,60 M.

L. Boltzmann, Wissenschaftliche Abhandlungen. Im Auftrage u. mit Unterstützung d. Akademien der Wissenschaften zu Berlin, Göttingen, Leipzig, München, Wien hrsg. v. Prof. Dr. F. Hasenöhrl. 1882—1905. gr. 8°. VIII, 706 S. m. Fig. u. 1 Bildnis Boltzmanns, radiert v. Aug. Steininger. Leipzig, J. A. Barth 1909. 20,60 M.; geb. in Leinw. 22,40 M.

***Annuaire** du Bureau des Longitudes pour l'an 1910.* 12°. 878 S. m. Fig. Paris 1909. 1,50 M.

Cont.: B. Baillaud, Sur la réunion du Comité internation. permanent pour l'exécution photographique de la carte du Ciel en 1909. — C. Lallemand, Marées et élasticité du Globe terrestre. etc.

B. G. Teubners Sammlung v. Lehrbüchern auf dem Gebiete der mathematischen Wissenschaften mit Einschluß ihrer Anwendungen. gr. 8°. Leipzig, B. G. Teubner.

Bd. XXXII, 1. F. Dingeldey, Sammlung v. Aufgaben zur Anwendung der Differential- u. Integralrechnung. 1. Tl. Aufgaben zur Anwendg. der Differentialrechng. V, 202 S. m. 99 Fig. 1910. Geb. in Leinw. 6 M.

Verlag von Julius Springer in Berlin N. — Universitäts-Buchdruckerei von Gustav Schade (Otto Francke) in Berlin N.

Zeitschrift für Instrumentenkunde.

Kuratorium:

Geh. Reg.-Rat Prof. Dr. **A. Westphal**, geschäftsführendes Mitglied, Dr. **H. Krüss**, Prof. Dr. **R. Straubel.**

XXX. Jahrgang. **Mai 1910.** Fünftes Heft.

Über eine neue Konstruktion des Aluminiumfensters einer Kathodenröhre und über einige Demonstrationsversuche mit Kathodenstrahlen.

Von
W. E. Pauli.
(Mitteilung aus dem radiologischen Institut der Universität Heidelberg.)

Im folgenden seien einige Versuche mitgeteilt, die ich auf Anregung von Hrn. Geheimrat Lenard angestellt habe; der erste Teil der Mitteilung enthält die Beschreibung einer Verbesserung der bekannten Kathodenröhre mit Aluminiumfenster; daran anschließend ist eine Versuchsanordnung beschrieben, mit Hülfe deren man leicht die wichtigsten Eigenschaften der Kathodenstrahlen auch einem größeren Auditorium demonstrieren kann.

Die neue Konstruktion des Fensters sollte eine Verbesserung nach zwei Seiten hin vorstellen: es sollte erstens die Haltbarkeit des Fensters gesteigert und zweitens die Menge der austretenden Kathodenstrahlen möglichst groß gemacht werden. Es wurde zunächst versucht, anstatt aus Aluminiumfolie das Fenster aus einer Substanz von größerer Haltbarkeit zu verfertigen. Die Auswahl ist deshalb eine beschränkte, weil nur Körper von kleinem spezifischen Gewicht in Betracht kommen können. Von den Metallen ist kein anderes günstiger als Aluminium; es wurde deshalb versucht, ein Fenster aus geöltem Seidenpapier, Pflanzenpauspapier, Seide und verschiedenen Arten von Battist herzustellen. Von allen genannten Stoffen erwies sich nur das Pflanzenpauspapier als einigermaßen brauchbar; nach etwa 20 Entladungen traten aber schon Undichtigkeiten auf, die allerdings durch Fetten verringert werden konnten; gegen die Aluminiumfolie stand aber dieses Fenster bedeutend zurück. Viel bessere Resultate in bezug auf Haltbarkeit werden erzielt bei Verwendung von sehr dünnen Quarzhäutchen[1]) als Fenster; jedoch haben diese Häutchen den Nachteil, daß nie größere Stücke vollkommen eben zu erhalten sind; sie sind deshalb zur Bedeckung mehrerer Löcher unbrauchbar. Ebenso haltbar wie Quarz erwiesen sich feine Häutchen aus schwerschmelzbarem Glas[2]), die vor dem Quarz den Vorteil leichter Beschaffung haben, im übrigen aber denselben Fehler wie der Quarz zeigen. Es wurden dann noch Versuche gemacht, Fenster aus feinen Glimmerblättchen herzustellen, bei denen der Nachteil des Quarzes fortfällt; auch diese sind recht haltbar, nur ist es äußerst zeitraubend, solch feine Blättchen zu spalten. Es wurde deshalb darauf verzichtet, das Aluminium durch eine andere Substanz zu ersetzen, und ein anderer Weg eingeschlagen, der zum Ziel führte.

[1]) Bezogen von der Firma W. C. Heraeus in Hanau.
[2]) Vgl. auch P. Lenard, *Ann. d. Physik* **51.** *S. 233. 1894.*

Fig. 1 zeigt die verwandte Kathodenröhre. Der konische Kopf *K* der Röhre, dessen Durchmesser 40 *mm* betrug, wurde ganz aus Messing hergestellt und sorgfältig in die Röhre eingeschliffen, wodurch alle Unannehmlichkeiten der Kittung vermieden werden. Auf der Stirnseite waren etwa 20 Löcher (je 2 *mm* Durchmesser) in der Mitte eingebohrt[1]). Es wurde darauf geachtet, daß diese Löcher auf einen möglichst kleinen Raum zusammengedrängt waren, sodaß zwischen den einzelnen Löchern immer eine Metallbrücke von höchstens 1 *mm* Breite blieb. Über die Löcher wurde nun ein Kupferdrahtnetz[2]) *N* gelegt, und darüber kam das Aluminiumblättchen *A*; das Ganze wurde mit einem geeigneten Kitt *k k* abgedichtet[3]). Die Drahtstärke des Netzes war 0,1 *mm*, der lichte Raum zwischen zwei Drähten 0,23 *mm*. Sehr wesentlich ist es, daß das Netz auf der Seite des Aluminiumblättchens vorher mit größter Sorgfalt auf einem Ölstein abgeschliffen wurde. Die Wirkung dieser Röhre erwies sich nun tatsächlich als recht günstig. Die Haltbarkeit des Fensters ist außerordentlich groß und wohl auf die gute Wärmeleitung des Drahtnetzes zurückzuführen, die ein Heißwerden des Aluminiums verhindert. Ein solches Fenster hielt, ohne wesentlich zu verlieren, etwa 50000 unmittelbar hinter einander folgende Entladungen aus. Es muß aber nochmals betont werden, daß die Haltbarkeit sehr wesentlich davon abhängt, ob das Netz gut abgeschliffen ist.

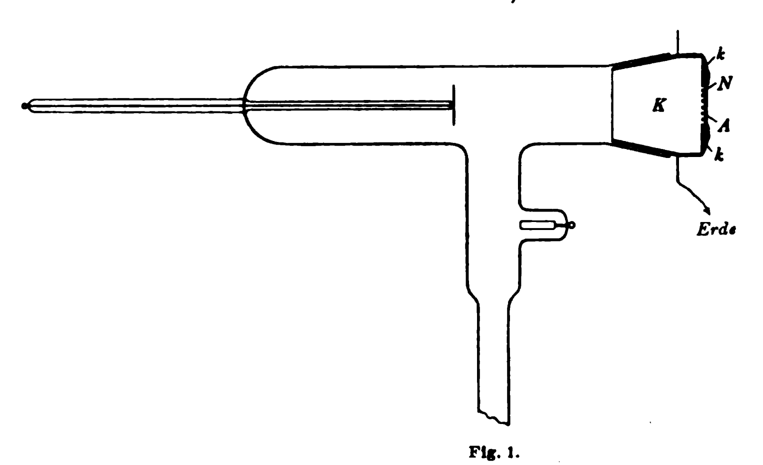


Fig. 1.

Es wurde dann noch versucht, nur ein einziges, großes Loch zu benutzen und dieses mit dem Drahtnetz zu bedecken. Um die Durchbiegung des Netzes möglichst zu vermeiden, wurde das Netz an seinen Rändern aufgelötet. Da Kupfer zu dehnbar ist, wurde ein Messingnetz benutzt, aber es zeigte sich, daß die Durchbiegung trotz aller Vorsicht zu groß wurde — schon bei einem Durchmesser von nur 6 *mm* — und das Aluminiumblättchen Risse bekam. Dagegen war das Auflöten des Messingnetzes von Vorteil, wenn die einzelnen Löcher (insgesamt 17) nicht größere Durchmesser als 2,5 *mm* besaßen; hier ist die Durchbiegung kaum zu merken, sodaß die Festigkeitsgrenze des Blättchens nicht überschritten wird. Auch mit dieser Anordnung wurden recht befriedigende Resultate erzielt.

Die oben beschriebene Konstruktion der Kathodenröhre, welche ohne Zweifel bei weiteren Untersuchungen über Kathodenstrahlen sich nützlich erweisen wird, scheint

[1]) Die ersten brauchbaren mehrlöcherigen Fenster sind wohl von der Firma E. Leybolds Nachfolger in Cöln hergestellt worden und werden noch von ihr geliefert.

[2]) Ohne das Drahtnetz würde das Fenster natürlich sofort undicht werden; nach Versuchen von Hrn. Lenard hält Aluminiumfolie (Dicke 0,003 *mm*) den Druck nicht mehr aus, wenn das bedeckte Loch einen größeren Durchmesser als 1,9 *mm* hat.

[3]) Der ursprünglich von Hrn. Lenard hierfür angegebene Kitt (*Ann. d. Physik 51. S. 228. 1894*) wird jetzt auch von der Firma C. Desaga in Heidelberg verfertigt. Das von einer Hamburger Firma seit einiger Zeit in den Handel gebrachte „Picein“ scheint im wesentlichen ähnlich zusammengesetzt zu sein, ist aber schwerer flüssig.

außerdem besonders geeignet, einige Demonstrationsversuche mit Kathodenstrahlen so anzustellen, daß sie auch einem größeren Auditorium ohne Schwierigkeit gezeigt werden können. Im folgenden wird eine gerade mit besonderer Rücksicht auf die Demonstrationsversuche konstruierte Versuchsanordnung[1]) beschrieben (vgl. Fig. 2), und ich hebe drei charakteristische Versuchsmöglichkeiten mit derselben hervor, wobei drei wichtige Eigenschaften der Kathodenstrahlen leicht zu zeigen sind: 1. die geradlinige Ausbreitung, 2. die verschiedene Absorption in verschiedenen Gasen, 3. die negative Ladung.

Die Kathodenröhre wird von dem Stativ *I* getragen; Stativ *II* dient zur Unterstützung des Rohres *R*, in das die Kathodenstrahlen eintreten. Um das leichte Ansetzen dieses Rohres an die Vakuumröhre zu ermöglichen, ist auf den in die Röhre eingeschliffenen Messingkonus ein massiver Metallring *M* luftdicht aufgelötet. Gegen diesen Ring drückt das unten etwas erweiterte und abgeschliffene Rohr *R*; zur Dichtung dient ein eingefetteter Gummiring *G*. Wird *R* evakuiert (hierzu, sowie zur Füllung mit verschiedenen Gasen dienen die Glasröhren *AA* an den beiden Enden von *R*), so drückt sich das Rohr so fest auf die Gummischeibe und den Messingring, daß leicht ein Vakuum von weniger als 1 *mm* erreicht wird. Damit *R* auch bei Atmosphärendruck im Innern (also beim Einfüllen von verschiedenen Gasen) dicht genug bleibt, ist folgende Vorrichtung getroffen. Auf das linke Ende von *R* ist ein Metallring aufgeschraubt, der zwei Klammern *C* trägt; durch Umklappen greifen diese über den Messingring *M* und drücken *R* gegen die Gummischeibe; hierdurch wird eine genügende Dichtung von *R* für das Einfüllen verschiedener Gase erreicht. Auf den Ring *M* ist hinten noch ein kurzes Stück Messingrohr *B* angelötet, das zur Aufnahme einer Aluminiumscheibe *Z* (elektrostatischer Schutz) dient. Diese ist an einen auf *B* passenden Messingring angenietet und kann, da sie aus zwei gleichen, halbkreisförmigen Teilen besteht, durch Zusammenklappen leicht auf *B* aufgesetzt werden. *Z* wird geerdet. Durch die Aluminiumscheibe mit Ansatzvorrichtung wird der Konus so beschwert, daß zur Unterstützung

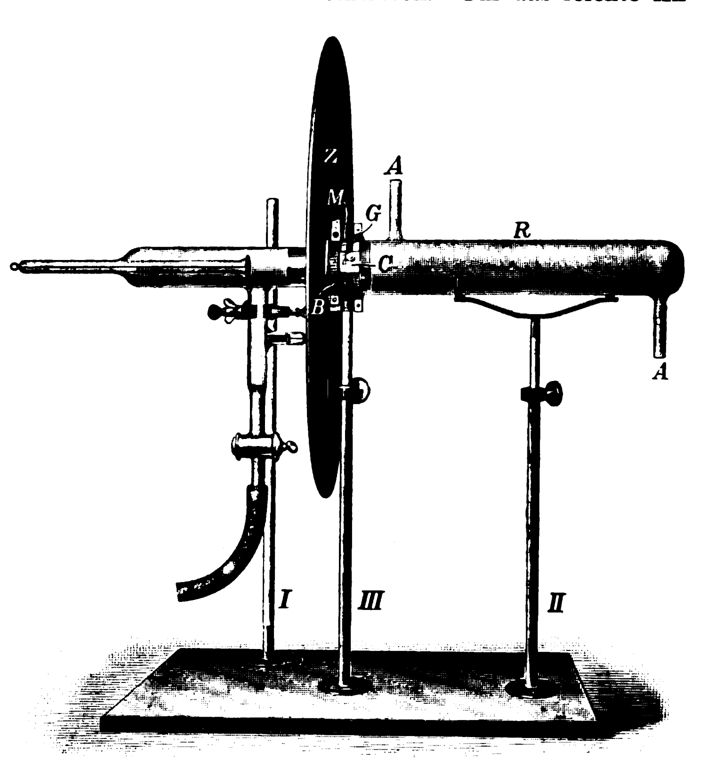


Fig. 2.

[1]) Die in Fig. 2 abgebildete, oben beschriebene Versuchsanordnung wurde von der Firma C. Desaga in Heidelberg angefertigt und kann von ihr bezogen werden.

desselben noch das Stativ *III* nötig wird; dieses greift mit einem Schraubengewinde in den dicken Messingring *M* ein und kann leicht verstellt werden. Das Ganze ist auf einem massiven Eichenbrett montiert.

1. Geradlinige Ausbreitung der Kathodenstrahlen. Zum Nachweis der Kathodenstrahlen dient eine mit Platinbariumzyanürkristallen präparierte dünne Glimmerplatte, die in einem eisernen Schlitten befestigt ist. Ein kleiner, aus Eisenblech geschnittener Stab ist auf einem zweiten Schlitten befestigt; beide können in der Röhre *R* leicht von außen durch einen starken Magneten verschoben werden. In geeigneter Entfernung vom Fenster sieht man dann einen scharfen Schatten des Stabes auf dem Schirm, der auch einem großen Auditorium durch das starke Leuchten des Schirmes sichtbar wird. Der Schlitten des Eisenstabes ist so angefertigt, daß dieser leicht durch entsprechende Bewegung des Magneten umgeworfen und wieder aufgestellt werden kann.

2. Absorption der Kathodenstrahlen in verschiedenen Gasen. Mittels der schon beschriebenen Hülfsapparate ergibt sich die Ausführung dieser Versuche ohne weiteres. Evakuiert man *R* bis auf etwa 1 *mm*, so ist das Aufleuchten des Schirmes noch gut in 20 *cm* Entfernung zu sehen.

3. Nachweis der negativen Ladung der Kathodenstrahlen[1]). Dieser Versuch hat von den beschriebenen die meiste Mühe gemacht, weil er einen Kondensator erfordert, der nicht immer nach Wunsch ausfällt. Als ein brauchbarer Kondensator wurde die unten beschriebene Form gefunden; mit ihm konnte ein großes Goldblattelektroskop mit etwa 20 Entladungen der Röhre auf eine Divergenz der Blättchen von ungefähr 30° geladen werden, sodaß eine Projektion unnötig ist. Nach mannigfachen Abänderungen wurde schließlich folgende Form des Kondensators beibehalten. Auf einer 2 *mm* dicken, runden Messingplatte *m* (Fig. 3) von 4 *cm* Durchmesser wird die sehr dünne Paraffinschicht[2]) *p* aufgetragen, auf diese wird das äußerst dünne Aluminiumblättchen[3]) *l* aufgelegt. Eine recht dünne und gleichmäßige Paraffinschicht erhält man, wenn die vorher erwärmte Platte *m* mit hochisolierendem Paraffin bestrichen wird, worauf man alles überflüssige Paraffin abfließen läßt. Rückseite und Rand von *m* werden mit einer dicken Paraffinschicht überzogen und mit Stanniol überkleidet, das mit *l* leitend verbunden ist. Das Ganze kommt in die metallische Hülse *s*, die zur Erde abgeleitet wird. Die Form von *s* ist aus Fig. 3 zu ersehen. Der Draht *d*, der auf der Rückseite von *m* in der Mitte aufgelötet ist, wird, durch Bernstein isoliert, zum Elektroskop geführt. Zum Schutze des sehr dünnen Blättchens *l* dient eine Messingkappe *k*, die nur während des Versuches entfernt wird. Die Wirkungsweise des Kondensators ist die folgende: Die aus dem Fenster austretenden schnellen Kathodenstrahlen (Parallelfunkenstrecke am Induktor 32 *mm*) treffen nach einem Wege von etwa 2 *cm* in Luft auf *l* auf, werden hier und zum Teil noch in der Paraffinschicht absorbiert und zur Erde abgeleitet. Die Strahlen aber, die zur Platte *m* gelangen, zeigen

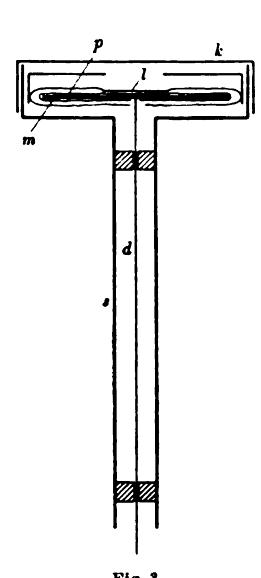


Fig. 3.

[1]) Vgl. P. Lenard, *Ann. d. Physik* **64.** *S. 288. 1898.*
[2]) Vgl. A. Becker, *Ann. d. Physik* **13.** *S. 394. 1904.*
[3]) Bezogen von der Firma Trump in Nürnberg.

ihre Ladung am Elektroskop an. Der kleine Kondensator wird am Stativ *III* mit einigen Klammern in die geeignete Stellung vor das Fenster gebracht.

In Fig. 2 ist der Schlauch angedeutet, durch den die Kathodenröhre mit der (Gaede-) Pumpe verbunden ist. Es wurde hierzu roter Druckschlauch von 4 *mm* Wandstärke benutzt, der aber durch eine geeignete Behandlung vorher völlig luftdicht gemacht worden war[1]).

Sollten die Kathodenstrahlen in der Medizin einmal Verwertung finden, so dürfte ein absolut dichter Schlauch, der auch ein Bewegen und Verstellen der Kathodenröhre während der Entladungen ermöglicht, von Bedeutung sein, ebenso wie das neue Fenster dann eine recht intensive Bestrahlung zulassen wird.

Über den Einfluß der elastischen Dehnung des Hohlzylinders auf die Angaben der Stückrathschen Druckwage.

Von
Walther Meißner in Charlottenburg.
(Mitteilung aus der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt.)

Bei den in der Reichsanstalt für Manometerprüfungen benutzten beiden Stückrathschen Druckwagen, deren eine früher von Wiebe[2]) beschrieben wurde, wird der zu messende Flüssigkeitsdruck auf den Wagebalken durch einen Kolben übertragen, der sich in einem Hohlzylinder bewegt und an seinem einen Ende eine Dichtungsmanschette trägt. Durch den Flüssigkeitsdruck tritt eine Dehnung des Hohlzylinders ein, sodaß sein Querschnitt, den man kennen muß, um aus der Gewichtsbelastung der Wage auf den Flüssigkeitsdruck schließen zu können[3]), nicht konstant bleibt, sondern bei zunehmendem Drucke eine Vergrößerung erfährt, die bei Abnahme des Druckes wieder zurückgeht, vorausgesetzt daß die Elastizitätsgrenze nicht überschritten wird. Die hieraus sich ergebenden Korrektionen nehmen für höhere Drucke Beträge an, die die Beobachtungsfehler erheblich überschreiten. Deshalb werde im folgenden auf diese Korrektionen, die auf Veranlassung von Hrn. Geheimrat Wiebe von mir ermittelt und von letzterem bei Versuchen mit den Druckwagen benutzt wurden, näher eingegangen, zumal kürzlich auch von anderer Seite[4]) auf den Einfluß

---

[1]) Ich habe verschiedene Arten von Schläuchen auf ihr Dichthalten untersucht und gefunden, daß man nie sicher sein kann, fehlerfreie Stücke zu haben; besonders bei Bewegungen treten Undichtigkeiten ein, sodaß eine nicht starre Verbindung mit der Luftpumpe durch einen gewöhnlichen Schlauch sehr unsicher ist. Folgendes Verfahren hat zum Ziel geführt: In einer heißen Mischung (zu gleichen Teilen) von Picein und Adeps lanae (wasserfreiem Lanolin) wird der Schlauch gebadet, dann senkrecht aufgehängt und mit einem Bunsen-Brenner bestrichen, sodaß die erwähnte Mischung in alle Poren des Schlauches eindringt und Überflüssiges abfließt. Das Innere des Schlauches wird während dieser Behandlung mit zwei Korken verschlossen. Man läßt dann den Schlauch erkalten und umwickelt ihn außen mit Tuch. Es hat sich gezeigt, daß derartig präparierte Schläuche so luftdicht wie jede Glasleitung sind; ein Bewegen des Schlauches mit der Kathodenröhre während des Versuches ist ohne Einfluß auf das Dichthalten.

[2]) Wiebe, Apparate zur Messung höherer Drucke. *Zeitschr. f. komprimierte u. flüssige Gase 1897. Nr. 1, 2, 5, 6.*

[3]) Bei der Dichtung mittels Manschette ist die wirksame Druckfläche des Kolbens mit dem Zylinderquerschnitt identisch, da die mit dem Kolben fest verbundene Manschette sich der Zylinderwandung eng anschließt und keine Flüssigkeit austritt.

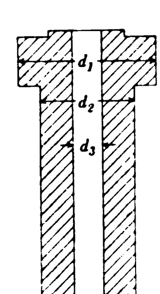
[4]) G. Klein, Untersuchung und Kritik von Hochdruckmessern. *Inaugural-Dissertation. Kgl. Techn. Hochschule Berlin 1909. S. 12, 28, 31.*

der Dehnung hingewiesen wurde. Dieselbe kommt übrigens bei den Wagen mit Differentialkolben und dem Amagatschen Manometer[1]) ebenfalls in Betracht, ist aber auch bei diesen bisher nicht berücksichtigt worden.

Eine direkte Bestimmung der Korrektionen der Stückrathschen Druckwage war nur bis zu Drucken von 20 *kg/qcm* möglich[2]), da kein Quecksilbermanometer für höhere Drucke zur Verfügung stand. Es mußte der Einfluß der auftretenden Dehnungen daher rechnerisch ermittelt werden, was jedoch mit ziemlicher Sicherheit geschehen konnte, da für das Material, aus dem die Hohlzylinder bestehen — Nickelstahl mit 25% Nickelgehalt — der Elastizitätsmodul genügend genau bekannt ist, nämlich den Wert $18{,}6 \cdot 10^5$ *kg/qcm* hat[3]). Die Formel für die Dehnung des Innendurchmessers eines Hohlzylinders, der wie im vorliegenden Falle nur Beanspruchungen in radialer Richtung erfährt (achsiale Beanspruchungen könnten höchstens zufolge der Kolbenreibung auftreten), lautet nach Grashof[4])

$$\varepsilon = \frac{p}{E} \frac{r_i^2}{r_a^2 - r_i^2} \left(\frac{m+1}{m} \frac{r_a^2}{r_i^2} + \frac{m-1}{m} \right), \tag{1}$$

wobei p der spezifische Innendruck, E der oben angegebene Elastizitätsmodul, r_i der innere, r_a der äußere Radius des Hohlzylinders und m das Verhältnis der Längsdehnung zur Querkontraktion (10/3) ist. Allerdings ist Gl. 1) im vorliegenden Falle nicht streng gültig, da der Druck und dementsprechend die Dehnung des Hohlzylinders nach außen zu hinter der wirksamen Druckfläche auf den Wert Null herabsinken. Doch wird bei der Dichtung mittels Manschette die Dehnung am äußersten Rande derselben schon nahezu den maximalen Betrag erreicht haben. Selbst bei verhältnismäßig kurzen Manschetten dürften die nach Gl. 1) berechneten Werte für die Dehnung des Durchmessers der wirksamen Druckfläche jedenfalls noch bis auf etwa 25% richtig sein. Voraussetzung für die Gültigkeit von Gl. 1) ist noch, daß die Dehnungen innerhalb der Proportionalitätsgrenze bleiben, was im vorliegenden Falle zutrifft. Die relative Vergrößerung des Querschnittes hat, da die Flächendehnung gleich dem Doppelten der Längsdehnung ist, den Betrag 2ε, und man erhält daher für die Korrektion k, die zu der (im übrigen schon korrigierten) Anzeige p der Wage wegen der Dehnung der Hohlzylinder hinzuzufügen ist, den Wert



$$k = -2\varepsilon p = -\frac{p^2}{E} \frac{2 r_i^2}{r_a^2 - r_i^2} \left(1{,}3 \frac{r_a^2}{r_i^2} + 0{,}7 \right). \tag{2}$$

Die Hohlzylinder der beiden Druckwagen haben die in der Figur dargestellte Form, und es sind vier Zylinder 1 bis 4 mit vier zugehörigen Kolben in Gebrauch, von denen 1 und 2 zu der älteren Wage I, 3 und 4 zu der neueren Wage II gehören. Die in der Figur angegebenen Durchmesser d_1, d_2 und d_3 haben bei den vier Zylindern folgende Größe in Millimeter:

---

[1]) P. P. Koch und E. Wagner benutzen in ihrer Arbeit „Absolute Messung höherer Drucke" (*Ann. d. Physik* **31.** *S. 31. 1910*) den bei Drucken bis 30 *kg/qcm* gewonnenen Reduktionsfaktor ihres Amagatschen Manometers ohne Berücksichtigung der Dehnung bis zu 200 Atm. (*a. a. O. S. 47*). Ob und wie große Fehler hierdurch entstehen, läßt sich allerdings ohne genaue Kenntnis der Abmessungen der Zylinder nicht beurteilen.

[2]) Vgl. Wiebe, *a. a. O.*

[3]) Vgl. Landolt-Börnstein, Physikalisch-chemische Tabellen. 3. Aufl. 1905. *S. 43.*

[4]) Grashof, Die Festigkeitslehre. Berlin 1866. *S. 233.*

Zylinder	d_1	d_2	d_3
1	29,65	21,48	11,28
2	29,70	21,46	8,00
3	36,80	23,50	11,29
4	36,84	23,55	7,99

Der innere Querschnitt von Zylinder 1 und 3 ist also ungefähr 1 *qcm*, der von Zylinder 2 und 4 ungefähr 0,5 *qcm*. Die Zylinder 1 und 3 werden nur für Drucke bis 250 *kg/qcm* benutzt, während mit den Zylindern 2 und 4 Drucke bis 900 *kg/qcm* gemessen wurden.

Bei der Wage II (Zylinder 3 und 4) liegt die Dichtungsfläche des Kolbens (die wirksame Druckfläche) nahezu in der Mitte des Zylinderflansches, sodaß für Zylinder 3 und 4 bei Berechnung der Dehnungen für r_a der Wert $^1/_2 d_1$ zu setzen ist. Bei der Wage I (Zylinder 1 und 2) liegen die Verhältnisse insofern etwas ungünstiger, als sich bei ihr die wirksame Druckfläche bei der Mittelstellung des Wagebalkens etwa 2 *mm* unterhalb des Flansches befindet, sodaß eine gewisse Unsicherheit bezüglich des für r_a anzunehmenden Wertes besteht. Der Unterschied der Flächendehnungen, die man erhält, je nachdem man bei den Zylindern 1 und 2 für r_a den Wert $^1/_2 d_1$ oder $^1/_2 d_2$ annimmt, beträgt jedoch nur 20 bezw. 9%. Legt man, wie im folgenden geschehen ist, das Mittel der unter beiden Annahmen berechneten Dehnungen zugrunde, so sind die so ermittelten Korrektionen bezüglich des Einflusses der Wandstärke mindestens bis auf 10 bezw. 5% richtig, was bei der Kleinheit derselben ausreichend erscheint. Indessen ist beabsichtigt, die Wage I so umzuändern, daß auch bei ihr die wirksame Druckfläche in die Mitte des Zylinderflansches fällt, besonders auch mit Rücksicht darauf, daß bei der jetzigen Anordnung wegen der Nähe des dickeren Flansches beim Bewegen des Kolbens Änderungen der wirksamen Druckfläche auftreten, wodurch eine gewisse, wenn auch unerhebliche Unsicherheit der Ablesung hervorgerufen werden muß.

Berechnet man auf Grund der vorstehenden Annahmen die Korrektionen k für die vier Zylinder 1 bis 4 nach Formel 2), so erhält man folgende Tabelle:

Druck p	Korrektion k in *kg/qcm* für Zylinder			
kg/qcm	1	2	3	4
20	— 0,001	— 0,001	— 0,001	— 0,01
50	— 0,005	— 0,004	— 0,004	— 0,004
100	— 0,02	— 0,02	— 0,02	— 0,02
200	— 0,08	— 0,07	— 0,07	— 0,06
300		— 0,15		— 0,14
400		— 0,27		— 0,24
500		— 0,41		— 0,38
600		— 0,60		— 0,54
700		— 0,81		— 0,74
800		— 1,06		— 0,96
900		— 1,34		— 1,22
1000		— 1,65		— 1,50

Wenn die vorstehenden Korrektionen auch für praktische Zwecke meist nicht wesentlich in Betracht kommen dürften, so übersteigen sie doch bei den höheren Drucken die Beobachtungsfehler erheblich und werden daher dann, wenn es sich um genauere Messung absoluter Drucke handelt, in Rechnung zu ziehen sein.

Die Tätigkeit der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt im Jahre 1909.

(Fortsetzung von S. 120.)

C. Abteilung II.

1. Präzisionsmechanische Arbeiten[1]).

1. Prüfungs- und Beglaubigungsarbeiten.

Im Berichtsjahre wurden geprüft

Teilungen auf Stahl, Silber, Kupfer, Glas	6
Endmaße	92
Kaliber-Bolzen und -Scheiben	4
Meß- und Teilschrauben	13
Stimmgabeln für den internationalen Stimmton	33
„ anderer Tonhöhe	17
Umlaufgeschwindigkeitsanzeiger	1
Spez. Gewicht von Kupferproben	1

Unter den 92 Endmaßen befand sich ein Satz von 10 Stück sog. Meßklötze von der Firma H. Hommel in Oberstein a. d. N. nach dem Muster der in jüngster Zeit von der Firma Johansson in Eskilstuna, Schweden, verfertigten. Die Prüfung der Hommelschen Körper hat ergeben, daß dieselben in bezug auf Planheit und Parallelismus der Flächen und Genauigkeit der Längen den Erzeugnissen der schwedischen Firma vollkommen gleichwertig sind. Da dies von den in den vorangegangenen Berichtsjahren zur Prüfung eingesandten Maßkörpern dieser Art in aller Vollständigkeit noch nicht gesagt werden konnte, so ist in dem diesjährigen Prüfungsergebnis der Nachweis eines erfreulichen Fortschrittes der deutschen Industrie auf diesem Gebiete zu erblicken.

Die Maße der Firma Hommel haben den Vorzug vor denen der ausländischen Firma, daß ihre Längen auf der gesetzlichen Temperaturgrundlage des metrischen Maßsystems, 0° C., beruhen, während die der schwedischen bei der willkürlichen Temperatur von 20° C. ihren Nennwerten entsprechen. Es ist dies ein weiterer Schritt zur Beseitigung des durch die willkürliche Annahme sog. Normaltemperaturen bedingten Mangels an Übereinstimmung der Längenmaße verschiedener Herkunft.

2. Längenänderungen von gehärtetem Stahl.

Die im September 1906 begonnenen Untersuchungen über die Veränderlichkeit der einem Temperungsverfahren unterworfenen Maßkörper aus gehärtetem Stahl sind weiter fortgesetzt worden. Die Ergebnisse der Nachmessung der jetzt zur Verfügung stehenden 20 Sätze von Endmaßen von 10, 25, 50 und 100 *mm* Länge im November 1909 bestätigen die durch die früheren Messungen gewonnenen Erfahrungen in sehr befriedigender Weise. Bei einem Teile der Körper scheinen die Änderungen bereits zum Stillstand gekommen zu sein, bei einem anderen Teile aber sind sie noch unverkennbar im Fortschreiten begriffen. Einzelne der Körper zeigen ein anomales Verhalten, indem früher beobachtete Änderungen sich wieder zurückgebildet haben. Für diese Erscheinung mangelt es an einer Erklärung. Da die während des letzten Jahres beobachteten Veränderungen im Durchschnitt nur noch Bruchteile eines Mikron betragen, so werden die im November 1910 vorzunehmenden Nachmessungen voraussichtlich die Entscheidung bringen, ob die Versuche abgeschlossen und ihre Ergebnisse veröffentlicht werden können. Bemerkenswert ist der Umstand, daß die von zweien der vier Firmen, deren jede 5 Sätze zur Verfügung gestellt hat, gelieferten Körper wesentlich kleinere Änderungen erfahren haben, als die übrigen. Dies läßt erkennen, daß die von diesen beiden Firmen vorgenommene Temperung sorgfältiger und zweckdienlicher ausgeführt worden ist, als die der beiden anderen. Zu einem vollkommenen Erfolge hat sie aber auch noch nicht geführt.

---

[1]) Leman, Blaschke, Werner.

Die in der Praxis gebräuchlichen Temperungsverfahren sind zwar äußerlich sehr verschiedenartig, beruhen aber sämtlich darauf, daß die gehärteten Maßkörper vor ihrer Fertigstellung eine Zeitlang einer Temperatur von 100° bis 200° C. ausgesetzt und langsam wieder abgekühlt werden. Die bei diesen Temperaturen eintretende Herabsetzung des Härtegrades ist gering genug, um noch nicht als nachteilig empfunden zu werden, dagegen gehen dabei bereits die durch das Härten entstandenen Spannungen, in welchen ja allein die Ursache der Gestaltänderungen liegt, so weit zurück, daß der noch übrig bleibende Rest nur noch geringe Wirkungen zu äußern imstande ist. Der mehr oder weniger vollkommene Erfolg dieser Verfahren ist natürlich von der Dauer und Höhe der Erwärmung, außerdem aber noch von verschiedenen anderen Umständen, der Beschaffenheit des Stahles und seiner Behandlung vor und bei dem Härten abhängig.

Um in diese Verhältnisse näheren Einblick zu gewinnen und womöglich die Bedingungen festzustellen, deren Einhaltung unter allen Umständen zu einem ausreichenden Erfolg führt, wurden die im vorjährigen Bericht bereits erwähnten Untersuchungen unternommen und fortgeführt. Dieselben verfolgten aber gleichzeitig noch den Zweck, zu erproben, ob sich das gleiche Ziel nicht vielleicht noch durch ein anderes Mittel, nämlich durch andauerndes kräftiges Ummagnetisieren, erreichen ließe. Es wurden von fünf verschiedenen Firmen insgesamt 38 Stück ungehärtete Endmaße der gewöhnlichen Form von 100 *mm* Länge und sieben verschiedenen, bezw. verschieden vorbehandelten, Stahlsorten bezogen. Dieselben wurden genau gemessen und darauf den liefernden Firmen zum Zweck des Härtens wieder zugesandt. Nach Rückkehr wurden zunächst die Längenänderungen festgestellt, welche der Härtungsprozeß hervorgebracht hatte, und sodann die Stücke planmäßig in verschiedener Weise teils wiederholten Erwärmungen in einem Ölbade, teils Ummagnetisierungen, einzelne auch beiden Behandlungen neben einander unterworfen, und zwar so lange, bis eine erneute Erwärmung bis zur Temperatur der vorangegangenen bezw. eine erneute Magnetisierung keine weitere Längenänderung mehr bewirkte. Die recht umfängliche Arbeit ist nahezu beendet und wird in kurzem ausführlich veröffentlicht werden. Ihr wesentliches Ergebnis ist, daß ein Erwärmen auf etwa 150° C. von zehnstündiger Dauer den erstrebten Unveränderlichkeitsgrad erreichen läßt. Dabei scheint es gleichgültig, ob die Erwärmung mit einem Male die erforderlichen zehn Stunden hindurch fortgesetzt oder durch zwischenliegende Abkühlungen unterbrochen wird, vorausgesetzt, daß bei den einzelnen Erwärmungen von kürzerer Dauer immer dieselbe Temperatur von 150° erreicht wird. Das Ummagnetisieren allein hat sich als wirkungslos ergeben; nur die dabei auftretende Erwärmung macht ihren Einfluß geltend.

Es bleibt nunmehr aber noch zu untersuchen, ob die auf diese Weise erzielte Unempfindlichkeit der Körper gegen starke Temperaturänderungen auch für das weitere Verhalten derselben in den gewöhnlichen Temperaturen maßgebend bleibt; hierüber werden erst durch mehrere Jahre fortgesetzte Maßvergleichungen Aufschluß geben können.

3. Versuche über thermische Ausdehnung von Metallen bei höheren Temperaturen.

Im Berichtsjahre wurden ferner Versuche in Angriff genommen, eine für die Praxis brauchbare Methode zur Bestimmung thermischer Ausdehnungskoeffizienten bei höheren Temperaturen zu gewinnen. Die unmittelbare Veranlassung dazu gab ein Antrag des Dampfkessel-Revisionsvereins Berlin, die relative Ausdehnung dreier Probestäbe, welche aus einem Kesselblech herausgearbeitet waren, bei Temperaturen bis zu 300° C. festzustellen. Dieses Kesselblech besitzt im kalten Zustande gute Festigkeitseigenschaften, die aber nur den äußeren Schichten zu verdanken sind, während die inneren infolge höheren Gehaltes an schädlichen Beimengungen, nach Meinung des Antragstellers hauptsächlich Phosphor, große Sprödigkeit zeigen. Beim Erwärmen teilt sich diese Sprödigkeit mehr und mehr auch den äußeren Schichten mit und erreicht in der Nähe von 400° C. bereits einen solchen Grad, daß das Blech leicht in Stücke zerschlagen werden kann. Es lag die Vermutung nahe, daß diese Erscheinung ihren Grund in Spannungen haben könne, welche in dem Blech entstehen müssen, wenn die inneren Schichten merklich andere thermische Ausdehnung erfahren, als die äußeren. Von den drei zur Untersuchung eingereichten Stäben waren zwei den äußeren

Schichten auf den beiden Seiten des Bleches, der dritte der Mittelschicht entnommen. Sie waren nur etwa 400 *mm* lang, da es wegen der Sprödigkeit des zuvor glatt gewalzten Kesselbleches nicht gelang, aus der Mittelschicht einen Stab von etwa 10 *mm* quadratischem Querschnitt in größerer Länge herauszuarbeiten.

Die Versuche wurden in der Weise ausgeführt, daß die drei Probestäbe nacheinander in vertikaler Lage in ein mit einem Boden und vielen seitlichen Löchern versehenes Stahlrohr eingeschoben und mit diesem in Dämpfe von siedendem Wasser (100°), Methylbenzoat (197°) und Phenylxylyläthan (299°) eingehängt wurden. Die relativen Längenänderungen der Stäbe gegen dieses als Vergleichskörper dienende Rohr wirkten drehend auf einen Spiegel und wurden durch Skalenablesung gemessen. Als Ergebnis wurde gefunden, daß die äußeren Schichten unter einander vollkommen gleiche, aber etwas geringere Ausdehnung besitzen, als die Mittelschicht. Der Unterschied ist aber so gering, daß er dicht an der Grenze des noch etwa Verbürgbaren liegt und als Erklärung für das obige Verhalten des Bleches sicher nicht in Frage kommen kann.

II. Elektrische Arbeiten.

A. Starkstrom-Laboratorium[1]).

1. Übersicht über die Prüfungsarbeiten.

Die im Jahre 1909 geprüften elektrischen Apparate und Materialien sind in der folgenden Tabelle zusammengestellt.

I. Meßapparate.

	Anzahl
a) Mit *Gleichstrom* geprüfte Zeigerapparate für Messung	
der Spannung	48
„ Stromstärke	49
„ Spannung und Stromstärke	17
„ Leistung	39
„ Arbeit (Elektrizitätszähler)	99
b) Mit *Wechselstrom* geprüfte Zeigerapparate für Messung	
der Spannung	15
„ Stromstärke	19
„ Leistung	20
„ Arbeit (einphasiger Strom)	27
„ Arbeit (Drehstrom)	64
c) Sonstige Meßapparate.	
Galvanometer	2
Kompensationseinrichtung	1
Meßbrücken	1
Vorschaltwiderstände (unter Strombelastung)	27
Stromwandler	48
Spannungswandler	20
Normale der Induktivität	9
Induktivität von Variatoren und Einzelspulen	12
Normalkondensatoren	9
Gewöhnliche Kondensatoren	9
Kapazitätsvariatoren	10
Wellenmesser	7
Telephonkabel	1

II. Motoren und Transformatoren.

Drehstrommotoren	2

[1]) Orlich, Diesselhorst, Reichardt, Günther Schulze, Hugo Schultze, Giebe, Schering, Lindemann, Schmiedel, Schmidt.

III. Isolationsmaterialien und Installationsgegenstände.

	Anzahl der untersuchten Sorten
Feste Isoliermaterialien	14
Preßspan, imprägnierte Stoffe	16
Ausgußmassen	3
Transformatorenöle	6
Isolatoren	13
Kabel und Drahtleitungen	13
Hebelschalter	9
Dosenschalter	3
Isolierrohre, Gummihandschuhe und Ähnliches	7

IV. Sonstiges.

Radioaktive Substanzen	5

Außerdem wurden die experimentellen Arbeiten für die Systemprüfungen von 13 Zählersystemen, sowie 8 Ergänzungsprüfungen abgeschlossen; 11 Systemprüfungen sind noch im Gange.

2. Verhalten von Elektrizitätszählern bei schwankender Belastung[1].

Durch theoretische Überlegungen wurde festgestellt, daß die Angaben von Zählern bei schwankender Belastung infolge der Trägheit der beweglichen Systeme nicht gefälscht werden können. Diese Überlegungen wurden durch Versuche an Zählern der Siemens-Schuckert-Werke, der Allgemeinen Elektrizitäts-Gesellschaft und der Firma H. Aron bestätigt. Die Resultate sind veröffentlicht (Anh. Nr. 28).

3. Einfluß von Quecksilberdämpfen auf Amperestundenzähler[2].

In den letzten Jahren sind häufig Amperestundenzähler für Gleichstrom zur Systemprüfung eingereicht worden, bei denen der im Nebenschluß zu einem vom Verbrauchsstrom durchflossenen Widerstand liegende Anker sich im Felde eines permanenten Magneten dreht. Solche Zähler haben öfter nicht den Anforderungen genügt, die man während einer längeren Belastung an die Konstanz der Angaben stellen muß, sondern zeigten Ungleichmäßigkeiten oder eine mit der Zeit wachsende Verzögerung im Gange. Diese Erscheinung ist wohl in der Natur der Zähler-Konstruktion begründet: da der Spannungsabfall im Zähler nur gering sein darf (er beträgt bei maximaler Last 1 bis 1½ Volt), so ist auch die Ankerspannung gering, sodaß schon kleine Änderungen des Kontaktwiderstandes zwischen Kollektor und Bürsten die erwähnten Störungen hervorrufen müssen.

In der *Elektrotechn. Zeitschr.* ***30.*** *S. 180. 1909* teilt nun J. Busch Beobachtungen und Versuche mit, nach denen namentlich Quecksilberdämpfe für diese Störungen verantwortlich zu machen seien. Diese Erkenntnis sei deshalb besonders wichtig, weil Quecksilberdämpfe in den Laboratorien, in denen das Urteil über die Brauchbarkeit der Zähler gefällt wird, häufig vorkämen. Aus den Versuchen ergäbe sich:

„1. Solange die Bürsten und Kollektoren der Magnetmotorzähler nicht mit Quecksilberdämpfen in Berührung kommen, erweisen sich derartige Zähler als sehr brauchbar.

2. Quecksilberdämpfe verursachen eine Verzögerung des Ganges, und zwar wächst die Verzögerung bei Abnahme der Belastung."

Da diese Resultate sich mit den in der Reichsanstalt gemachten Erfahrungen nicht decken, so wurde eine Nachprüfung an 3 neuen Amperestundenzählern vorgenommen, die im folgenden mit I, II, III bezeichnet sind.

I und II wurden dazu mit voller Stromstärke dauernd belastet und ihre Fehler in Zwischenräumen von einer Woche bei $^1/_5$, $^3/_5$ und $^5/_5$ der vollen Belastung festgestellt. I war hierbei in einem luftdicht verschlossenen Zinkkasten aufgehängt, II hing daneben, zunächst mit aufgesetzter und verkitteter Schutzkappe.

---

[1]) Orlich, Günther Schulze.

[2]) Schmidt.

I zeigte nun während einer zweimonatigen Dauerbelastung von Anfang an unsichere und bei $^1/_5$ der Vollast bis zu 10% schwankende Angaben, trotzdem ein Einfluß von Hg-Dämpfen ausgeschlossen war. II dagegen zeigte nur in den ersten 14 Tagen eine Abnahme seiner Angaben um 3%, dann aber blieb er konstant; auch das Entfernen der Schutzkappe änderte nichts an diesem Verhalten. Nach Verlauf von 10 Wochen wurde ein Näpfchen mit Quecksilber in den Zähler gestellt und die Schutzkappe wieder aufgesetzt. Da die Stromwärme das Innere des Zählers erwärmte, so verdampfte Quecksilber nicht unbeträchtlich, sodaß der Silberkollektor schließlich mit einer grauen Amalgamschicht vollständig überzogen war. Trotzdem lief der Zähler weitere 8 Wochen, ohne nennenswerte Schwankungen seiner Angaben zu zeigen.

Da ähnliche Versuche mit dem Zähler III ein gleiches Resultat ergaben, so müssen wohl die Beobachtungsergebnisse von Busch auf andere Einflüsse zurückzuführen sein.

4. Quecksilbergleichrichter[1]. Der Strom, der in der „undurchlässigen" Richtung durch den Gleichrichter fließt, wurde hinsichtlich seiner Abhängigkeit von der Form und der Belastung des Gleichrichters genauer gemessen. Die Versuche werden veröffentlicht.

Es werden demnächst 6 parallel zu schaltende Drehstromgleichrichter für 10 Amp. installiert werden. Die Gleichrichter sollen die Ladung der großen Akkumulatorenbatterien während der Nacht übernehmen, sodaß am Tage möglichst alle Batterien zur Verfügung stehen und der bisher zum Laden benutzte rotierende Umformer für anderweitige Arbeiten frei wird.

5. Elektrometrische Arbeiten und Anwendung derselben[2]. Die elektrometrischen Untersuchungen sind fortgesetzt worden. Da das Elektrometer in erster Linie zu Wechselstrommessungen gebraucht werden sollte, so wurde eine Methode angegeben, um festzustellen, ob in der Quadrantenschaltung auch bei beliebigen Phasenverschiebungen der Nadelspannungen und Quadrantenspannungen die mit Gleichspannungen ermittelten Konstanten gültig sind. Es ergab sich, daß dies in allen untersuchten Fällen mit genügender Genauigkeit erfüllt ist. Die Resultate sind veröffentlicht; gleichzeitig wurde in dieser Veröffentlichung diskutiert, welche Fehler durch Kapazitätsströme, die auf die Elektrometerteile fließen, entstehen können (Anh. Nr. 25).

Die erwähnten Versuche führten weiter darauf, die Größe der Elektrometer-Konstanten schärfer zu bestimmen. In der allgemeinen Formel, wonach der Ausschlag proportional

$$a_0 v_0^2 + a_1 v_1^2 + a_2 v_2^2 + b_0 v_1 v_2 + b_1 v_0 v_1 + b_2 v_0 v_2 + \dots$$

(v_0 Nadelspannung, v_1 und v_2 Quadrantenspannungen)

zu setzen ist, wird die Beziehung

$$a_1 - a_2 = - b_1 = b_2 \qquad 1)$$

als gültig angenommen. Es war nun aufgefallen, daß die Konstanten in den beiden idiostatischen Schaltungen (entweder Nadel auf Gehäusepotential oder auf hohem Potential) nicht immer genau miteinander übereinstimmten. Die Differenz betrug allerdings weniger als $^1/_{1000}$; da nach der Theorie die idiostatischen Konstanten proportional mit $a_1 - a_2$ bezw. $a_1 - a_2 + b_1 - b_2$ sind, so kann ihre Differenz dadurch erklärt werden, daß die Gl. 1) nicht genau richtig ist. Man kann nun eine einfache Abänderung der obenerwähnten Schaltung zur Prüfung des Elektrometers mit Wechselspannungen benutzen, um zu entscheiden, ob die Differenz zwischen den idiostatischen Konstanten tatsächlich besteht oder nur auf Beobachtungsfehlern beruht. Es zeigte sich, daß sie vorhanden sein kann; die mit Wechselspannungen direkt ermittelte Differenz stimmte mit genügender Genauigkeit mit den aus den idiostatischen Messungen gefundenen. Es gibt kompliziertere Schaltungen bei Wechselstrommessungen, wo auf diese Differenz zu achten ist, wenn man die größte Genauigkeit anstrebt.

---

[1] Günther Schulze.
[2] Orlich, Hugo Schultze.

Die verschiedenen Schaltungen, in denen das Elektrometer jetzt zu Wechselstrommessungen bei Prüfungen und anderen Arbeiten in der Reichsanstalt benutzt wird, sind in einer Veröffentlichung zusammengestellt (Anh. Nr. 26).

Besonders eingehend sind dabei diejenigen Methoden behandelt worden, welche zur Prüfung von Strom- und Spannungswandlern dienen. Die Zahl der zu prüfenden Meßtransformatoren (ohne Zubehörapparate) hat ständig zugenommen (1908 : 25, 1909 : 68 Stück) und wird voraussichtlich noch eine weitere Steigerung erfahren. Die Stromwandler pflegen für die primären Stromstärken

$$\tfrac{1}{10} \quad \tfrac{1}{5} \quad \tfrac{1}{2} \quad \tfrac{1}{1} \; I_{max}$$

geprüft zu werden. Sekundär wird eine Last von

5 15 25 Voltampere

angeschlossen, und zwar mit dem Leistungsfaktor 1 und 0,8 oder 0,5. Gemessen wird das Übersetzungsverhältnis (auf 2 bis 3 Zehntausendstel genau) und die Phasenverschiebung zwischen primärem und sekundärem Strom (auf 1 bis 2 Minuten genau).

Bei der Prüfung der Spannungswandler traten bei der Messung der Phasenverschiebung zwischen primärer und sekundärer Spannung anfangs Schwierigkeiten auf; sie lagen in der Verwendung eines Widerstandes zur Teilung der Hochspannung. Es zeigte sich, daß bei Hochspannung die Teilspannungen mit der Gesamtspannung in der Regel nicht in Phase waren, obwohl die Teilung durch gleichartig gebaute Widerstände geschah. Die Abweichungen waren durch die Kapazität der Widerstände gegen Erde und gegen einander verursacht. Man kann sie dadurch beseitigen, daß man die Widerstände mit leitenden Schutzhüllen umgibt, die auf wohlbestimmte Spannungen gebracht werden müssen.

Die zurzeit in der Reichsanstalt vorhandenen Einrichtungen genügen, um Stromwandler bis 1000 Ampere, Spannungswandler bis 12 000 Volt zu prüfen. Es steht zu erwarten, daß die Praxis in nächster Zeit Prüfungen für größere Ströme und Spannungen verlangt[1]); leider lassen sich aber die Versuche hierfür in den vorhandenen Räumlichkeiten nicht ausführen.

6. Induktivität von Normalwiderständen[2]).

Es wurde eine Formel für den Selbstinduktionskoeffizienten bifilarer Bandwiderstände, wie sie bei Messungen mit stärkeren Wechselströmen gebraucht werden, aufgestellt und eine elektrometrische Methode ausgearbeitet, um diese Selbstinduktionskoeffizienten mit Hülfe von Strömen höherer Frequenz miteinander zu vergleichen. Eine größere Zahl derartiger Widerstände von 1 Ohm bis 0,001 Ohm (mit den zugehörigen Petroleumbädern) wurde hergestellt, ihre Selbstinduktion berechnet und gemessen. Die Resultate sind veröffentlicht (Anh. Nr. 27).

7. Messung schwacher Wechselströme[3]).

Ein Instrument mit der Salomonsonschen Brückenschaltung (siehe *diese Zeitschr.* ***28.*** *S. 143. 1908* und ***29.*** *S. 146. 1909*) ist aus Thermoelementen von Konstantan und Manganindrähten mit nur 15 μ Durchmesser gebaut worden, während früher als feinste Drähte nur solche von 20 μ zu bekommen waren. Die günstigste Länge eines Elementes war etwa 13 *mm* (bei 20 μ 11 *mm*); bei einem Gesamtwiderstande von etwa 100 Ohm enthielt jeder Brückenzweig 4 Elemente (bei 20 μ 8 Elemente), die Thermokraft des Intrumentes betrug etwa 16 Millivolt, wenn es von einem Strom von etwa 6 Milliampere (bei 20 μ 10 Milliamp.) durchflossen wurde. Durch die Verwendung dünnerer Drähte wurde demnach bei gleichbleibendem Gesamtwiderstande eine Verringerung der Zahl der Elemente, also eine Vereinfachung und Verkleinerung des Aufbaues, und eine beträchtliche Erhöhung der Empfindlichkeit erhalten.

Eine Abweichung der Angaben des Instrumentes für Gleich- und Wechselstrom tritt, wie im vorigen Tätigkeitsbericht nachgewiesen wurde, dann ein, wenn der Widerstand des Thermoelements in der Nähe der Lötstelle einen merklichen Temperaturkoeffizienten hat. Bei Gleichstrom ist dann infolge des Peltier-Effekts der Widerstand des Elementes in den

[1]) Es haben bereits Anträge für 10 000 Amp. vorgelegen.

[2]) Orlich.

[3]) Schering.

beiden Stromrichtungen verschieden, das Mittel der Ausschläge des Brückengalvanometers für die beiden Stromrichtungen gibt nicht allein die Thermokraft der Elemente an, sondern ist um einen Betrag gefälscht (vergrößert), der von der Widerstandsdifferenz der Elemente in den beiden Stromrichtungen herrührt.

Es wurde versucht, erstens durch eine geeignete Schaltung die lästige rechnerische Berücksichtigung der Abweichung zu vermeiden, zweitens aber auch Thermoelemente mit geringem Temperaturkoeffizienten des Widerstandes herzustellen und die Abweichung herunterzudrücken.

Ersteres wurde in folgender Weise erreicht. Vor das Galvanometer *G* (Fig. 6) wurde ein Widerstand *A* geschaltet, der sich durch einen Stöpsel kurzschließen läßt; der Widerstand wurde bei Gleichstrom so abgeglichen, daß der mittlere Ausschlag des Galvanometers genau so groß wurde wie bei Wechselstrom desselben Effektivwertes bei kurzgeschlossenem Widerstand. Die prozentuale Abweichung ist damit, da sie eine konstante, von der Strombelastung unabhängige Größe ist, für die ganze Skale des Instrumentes korrigiert.

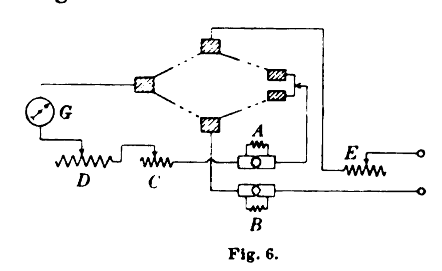


Fig. 6.

Auch der mittlere Widerstand eines Thermoelementes und damit der ganzen Brückenanordnung ist bei Gleichstrom infolge des Peltier-Effekts höher als bei Wechselstrom. Diese Differenz (etwa 8 Promille) wurde dadurch kompensiert, daß in den Hauptstromkreis des Instrumentes ein passender Vorschaltwiderstand *B* gelegt wurde, der bei *Gleichstrom* durch einen Stöpsel kurzgeschlossen wurde, und zwar durch *denselben* Stöpsel, der bei der Messung mit Wechselstrom den Kompensationswiderstand für die Abweichung kurzschließt. Es ist also nur zu beachten, daß bei der Messung mit Wechselstrom der Stöpsel in dem mit „Wechselstrom" bezeichneten Loch steckt, bei der Eichung mit Gleichstrom in dem mit „Gleichstrom" bezeichneten.

Ferner wurden in den Galvanometerzweig noch zwei Widerstände *C* und *D* gelegt, und zwar zwei kontinuierlich veränderliche; der eine dient zur Kompensation des Temperaturkoeffizienten der Empfindlichkeit des Instrumentes (etwa 0,7 Promille für 1° C.) und ist mit einer Teilung in Grad C. versehen; der andere Widerstand ist vorgelegt, um Verminderungen der Empfindlichkeit, die etwa im Laufe der Jahre oder durch versehentliche Überlastungen eintreten sollten, durch Ausschalten von Widerstandsballast wieder gut machen und die Teilung des Galvanometers in Milliampere beibehalten zu können. Auch im Stromkreis wurde noch ein kleiner Vorschaltwiderstand *E* vorgesehen, um den Gesamtwiderstand des Instruments auf einen runden Betrag bringen zu können. Das Instrument hat sich bei Prüfungen und Untersuchungen vielfach als nützlich erwiesen.

Was die Herabsetzung des Temperaturkoeffizienten des Widerstandes der Thermoelemente betrifft, schien es aussichtsreich zu sein, die dünnen Drähte zu schweißen, statt zu löten, da alle Lötmittel einen erheblichen Temperaturkoeffizienten des Widerstandes haben. In der Reichsanstalt gelang das Schweißen zunächst nicht; auf Anregung derselben stellte aber die Firma Hartmann & Braun in Frankfurt a. M. in zuvorkommender Weise ein solches Instrument mit geschweißten Drähten her. Der Kontakt und die mechanische Haltbarkeit der Schweißstellen war gut; die Abweichung war etwas geringer als bei den mit Silber gelöteten Elementen, betrug aber doch noch 1,1 %. Es zeigte sich die bekannte Erscheinung, daß die Manganindrähte sich beim Erhitzen mit einer Kupferhaut überzogen und einen Temperaturkoeffizienten von etwa 0,000 15 für 1° C. bekamen. Die von der Vorratsrolle genommenen Manganindrähte hatten einen Temperaturkoeffizienten von nur einigen Millionteln für 1° C.; von derselben Größe, aber negativ, war der Temperaturkoeffizient der Konstantandrähte; letzterer änderte sich durch Glühen der Drähte nicht wesentlich. Der Kupferüberzug der erhitzt gewesenen Manganindrähte ließ sich nur in vereinzelten Fällen mit Salpetersäure gleichmäßig abätzen.

Es wurde nun ein reiner Manganindraht im höchsten Vakuum bis zur Rotglut erhitzt; es bildete sich dabei keine Kupferhaut, der Temperaturkoeffizient blieb klein. Es besteht also keine Gefahr, daß etwa ein Instrument, das geringe oder gar keine Abweichung besitzt, durch Überlastung eine größere Abweichung bekommen könnte. Es gelang, Manganin und Konstantan im Vakuum elektrisch zu schweißen, doch hatten die Elemente eine Abweichung von etwa 1%; sie wurden beim Schweißen allerdings heißer als rotglühend. Auch beim Schweißen in reinem Wasserstoff, der eine Oxydation verhindern sollte, war der Erfolg nicht besser.

Eine Verminderung der Abweichung gelang schließlich durch Schweißen in folgender Weise. Ein Manganin- und ein Konstantandraht wurden etwa 10-mal umeinander gedrillt und die Enden durch angeklebte Stäbchen *ss* (Fig. 7) gespreizt und beschwert. Mit der verdrillten Mitte wurde dieses Drahtkreuz auf zwei etwa $^1/_2$ *mm* voneinander entfernte Metallschneiden *MM* gehängt. Durch Anlegen einer passenden Spannung an die Schneiden wurde das dazwischen befindliche verdrillte Stück durchgebrannt und dabei verschweißt. Die Drahtstücke außerhalb der Schneiden waren dabei durch aufgebrachte Wassertröpfchen *ww* gekühlt; es entstehen so immer gleichzeitig zwei Elemente. Die Abweichung beträgt bei diesem Verfahren 5 bis 7 Promille. Die Schweißung erfolgte stets sicher, sodaß eine größere Anzahl Elemente in kurzer Zeit mit wenig Drahtmaterial hergestellt werden konnte. Die Schweißstellen geben guten Kontakt und halten auch Zugbeanspruchungen hinreichend aus.

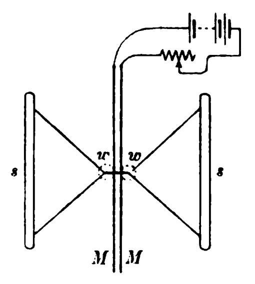


Fig. 7.

8. Kapazitätsnormale und ihre absolute Messung[1]).

Es wurden vier Normal-Luftkondensatoren aus kreisförmigen Magnaliumplatten hergestellt, und zwar drei von 0,01 Mikrofarad (Anzahl der Platten 73, Durchmesser 20 *cm*) und einer von 0,03 Mikrofarad (Plattenzahl 101, Durchmesser 30 *cm*). Der Plattenabstand beträgt 2 *mm*. Diese Luftkondensatoren, von denen jetzt insgesamt 0,1 Mikrofarad zur Verfügung steht, sollen zur Bestimmung des absoluten Wertes der Selbstinduktionsnormale und zur Messung des Energieverlustes in Kondensatoren mit festen und flüssigen Dielektriken dienen.

Die Kondensatoren wurden unter Benutzung des im vorigen Jahre neu konstruierten rotierenden Unterbrechers eingehend untersucht. Mit Hülfe des im Tätigkeitsbericht 1908 erwähnten Tourenreglers konnte der absolute Wert der Kapazitätsnormale (bezogen auf das internationale Ohm) mit großer Genauigkeit (etwa $\pm\, ^1/_{1000}\%$) bestimmt werden. Die Ergebnisse dieser Messungen sowie eingehende Beschreibungen der Luftkondensatoren, des rotierenden Unterbrechers und des Tourenreglers sind veröffentlicht (Anh. Nr. 32, 33).

9. Erzeugung von Wechselströmen unveränderlicher Frequenz[2]).

Ein durch den rotierenden Unterbrecher mit Tourenregler unterbrochener Gleichstrom ist innerhalb einer Umdrehungsdauer kleinen Frequenzschwankungen unterworfen und daher (nach Transformation in Wechselstrom) für absolute Messungen mit schwach gedämpften Vibrationsgalvanometern ungeeignet. Führt man ihn jedoch durch einen Elektromagneten, vor dem eine auf ein ganzes Vielfaches der mittleren Unterbrechungsfrequenz abgestimmte Stahlsaite ausgespannt ist, so gerät diese in Resonanzschwingungen und liefert mit Hülfe eines Quecksilberkontaktes periodisch unterbrochenen Gleichstrom, dessen Frequenz von den genannten Schwankungen frei ist. Der hieraus mit Hülfe eines Transformators erzeugte Wechselstrom ermöglicht eine höhere Meßgenauigkeit, als bisher erreichbar war, für eine Reihe von Induktivitäts- und Kapazitätsmessungen, bei welchen die Nulleinstellung eines Vibrationsgalvanometers von der Frequenz abhängt.

Z. B. erwies sich die Brückenschaltung der Fig. 8 für genaue Messungen als brauchbar. Der Strom im Vibrationsgalvanometer *G* verschwindet, wenn, unter der Voraussetzung reinen Sinusstromes, die beiden Bedingungen

$$w_1 : w_2 = w_3 : w_4$$

[1]) Giebe.

[2]) Grüneisen, Giebe.

und

$$4\pi^2 n^2 L C = 1$$

erfüllt sind (n die Frequenz). Die Intensität der Oberschwingungen im Galvanometer wird durch passende Abstimmung von Hauptstrom- und Galvanometerzweig auf die Grundschwingung hinreichend geschwächt.

Es besteht die Absicht, nach dieser Methode die Werte von Selbstinduktionsnormalen auf die absolut gemessene Kapazität der Luftkondensatoren zurückzuführen, wobei eine Genauigkeit von einigen Hunderttausendsteln erreichbar erscheint. Bisher wurde die Frequenz 360 benutzt.

10. Widerstandszunahme von Spulen und geraden Leitern bei schnellen Schwingungen[1].

Fig. 8.

Für Litzen aus vielen dünnen, gut isolierten Einzeldrähten, welche so miteinander verdrillt sind, daß möglichst alle Drähte gleich oft jede Stelle des Litzenquerschnittes erfüllen (ideale Verdrillung[2])), lieferte eine im Anschluß an eine Arbeit M. Wiens[3]) ausgeführte Rechnung die folgende Formel für die Widerstandszunahme ΔW einer gerade ausgespannten Litze:

$$\Delta W = \frac{\varepsilon}{2} \cdot \frac{n^2 l^2}{w_0} \cdot \left(\frac{r}{r_1}\right)^2.$$

Hier bedeutet l und w_0 Länge und Gleichstromwiderstand der Einzeldrähte und r_1 und r ihre Radien mit und ohne Isolation, ferner n die Zahl der Perioden in 2π Sekunden und ε das Verhältnis der von den Einzeldrähten wirklich ausgefüllten Fläche des Litzenquerschnittes zu diesem selbst. Diese Formel wurde zunächst an den verschiedensten Litzen experimentell geprüft. Es ergab sich insbesondere die von der Formel geforderte Unabhängigkeit der Widerstandszunahme von der Zahl der verdrillten Einzeldrähte und Proportionalität der Zunahme mit n^2 in dem Wellenlängenbereiche von etwa 3000 bis 300 *m*. Dagegen war die gemessene Abnahme der Größe ΔW mit dem Radius der Einzeldrähte kleiner, als die Formel erwarten läßt. Ergänzende Messungen mit Litzen aus dickeren Einzeldrähten sind in Vorbereitung.

Weitere Versuche bezogen sich auf den Einfluß der Art der Verdrillung und der Isolation der Einzeldrähte. Litzen, deren Einzeldrähte nur einfach verdrillt waren, zeigten gegenüber den ideal verdrillten, falls die Zahl der Einzeldrähte hinreichend groß war, den charakteristischen Unterschied, daß die Widerstandszunahme nicht mehr proportional n^2 erfolgte. Daß eine gute Isolation der Einzeldrähte bei schnellen Schwingungen nötig ist zur Vermeidung größerer Widerstandszunahme, ergab ein Versuch mit einer vor mehreren Jahren bezogenen Litze aus einfach verdrillten und wenig isolierten Einzeldrähten, wie sie nach dem Vorschlage Dolezaleks für Selbstinduktionsnormale bei niederen Frequenzen mit gutem Erfolg benutzt werden. Die Widerstandszunahme dieser Litze war weit größer als die entsprechender Litzen aus gut isolierten Einzeldrähten. Der Grund hierfür ist darin zu suchen, daß infolge der schlechten Isolation der Strom aus einem Einzeldraht in den benachbarten übertritt, wobei auch infolge der Übergangswiderstände Energieverluste stattfinden. Ein Energieverlust in der Isolation der Einzeldrähte bezw. in einer Übergangsschicht zwischen dieser und dem Kupfer (Kupferoxyd) ließ sich dagegen nicht konstatieren. 3 Litzen aus je 36 Einzeldrähten von 0,12 *mm* Durchmesser mit Emaille-, Azetat- bezw. Seiden-Isolation zeigten bei einer Wellenlänge von 720 *m* wesentlich die gleiche Widerstandszunahme. Es wäre denkbar, daß erst bei höheren Frequenzen oder bei Litzen aus dünneren Einzeldrähten der störende Einfluß jener Oberflächenschichten bemerkbar wird.

Die Untersuchung verschiedener Spulen aus Massivdrähten gestattete schließlich einen Vergleich mit den entsprechenden Spulen gleicher Ganghöhe aus Litzen gleichen Kupferquer-

[1]) Lindemann.

[2]) Patent der Firma Siemens & Halske A.-G. (Dr. Adolf Franke); s. auch F. Dolezalek und H. G. Möller, *Ann. d. Physik* **22.** *S. 559. 1907.*

[3]) M. Wien, *Ann. d. Physik* **14.** *S. 1. 1904.*

schnitts. Während bei niederen Frequenzen die Widerstandszunahme der Spulen aus Massivdraht stets größer ist als die der Litzenspulen, wird bei höheren Frequenzen der Unterschied allmählich kleiner wegen des langsameren Anwachsens des Widerstandes mit der Frequenz bei massiven Drähten. Die dickste der benutzten Litzen aus 180 ideal verdrillten Emailledrähten von 0,12 *mm* Durchmesser zeigte bereits von einer Wellenlänge von etwa 400 *m* an eine größere Widerstandszunahme als die entsprechende Spule von gleicher Ganghöhe aus Massivdraht von gleichem Kupferquerschnitt.

Die Untersuchung ist veröffentlicht (Anh. Nr. 34).

11. Einfluſs der Spulenkapazität auf Dämpfungsmessungen[1]).

Wie bei der Berechnung der Eigenwellenlänge eines Kondensatorkreises aus Kapazität und Selbstinduktion die Kapazität der Spule zu berücksichtigen ist, so erfordert diese Größe auch eine Korrektion bei der Messung der Eigendämpfung des Kondensatorkreises. Man benutzt bei jeder Dämpfungsmessung einen Widerstand, der im allgemeinen an die eine Klemme des Kondensators angeschlossen sein wird. Ist also γ die Spulenkapazität (Fig. 9), welche zunächst als reine Kapazität an den Enden der Spule L liegend gedacht sei, so wird nur ein Teil des in der Spule durch einen Erregerkreis induzierten Stromes durch den Widerstand W und die Kapazität C fließen. Der wirksame Widerstand der Verzweigung $\gamma \,||\, C, W$ berechnet sich zu

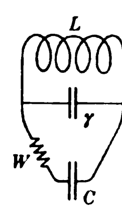


Fig. 9.

$$W' = \frac{W}{(1 + \gamma/C)^2}\ .$$

Dieser Wert ist statt des mit Gleichstrom gemessenen Widerstandes W einzusetzen. Beispielsweise wurde bei einem technischen Wellenmesser die Kapazität einer Spule einschließlich der bifilaren Zuleitung zum Kondensator aus der Eigenwellenlänge der frei schwingenden Spule und ihrer Selbstinduktion zu $107 \cdot 10^{-12}$ F. bestimmt, während die Kapazität des Drehkondensators bei der Einstellung 20° gleich $693 \cdot 10^{-12}$ F. war. Für eine Dämpfungsmessung bei dieser Einstellung würde die Formel bereits eine Korrektion über 30 % ergeben.

Daß die obige Berechnung des Widerstandes W' der Verzweigung auch bei schnelleren Schwingungen zulässig ist, ergab ein Versuch, bei dem die Kapazität γ' zu der Spulenkapazität γ durch Parallelschaltung eines besonderen Kondensators hinzugefügt wurde, während man durch Verkleinerung von C die Eigenwellenlänge des Kreises konstant erhielt. Die Tabelle enthält in Spalte 4 die Werte des Gesamtwiderstandes X im Kreise, welche ohne Berücksichtigung der an W anzubringenden Korrektion aus den Versuchsdaten berechnet sind. Mit Berücksichtigung jener Korrektion ergeben sich für X die untereinander wesentlich übereinstimmenden Werte der Spalte 5. Zur Messung dienten ungedämpfte Schwingungen.

$L = 120{,}2 \cdot 10^{-5}$ Henry $\qquad \gamma = 15{,}4 \cdot 10^{-12}$ Farad $\qquad W = 1{,}106$ Ohm

C	$\gamma + \gamma' = \gamma_1$	$(1 + \gamma_1/C)^2$	Gesamtwiderstand X in Ohm	
			unkorrigiert	korrigiert
$976 \cdot 10^{-12}$ F.	$53 \cdot 10^{-12}$ F.	$1{,}11_2$	$2{,}84_7$	2,56
886 „	144 „	$1{,}35_2$	$3{,}45_4$	2,56
795 „	234,4 „	$1{,}67_7$	$5{,}24_6$	2,53
612 „	412,0 „	$2{,}79_2$	7,32	2,62

Wie weit die oben gemachte Annahme einer an den Enden der Spule lokalisierten reinen Kapazität γ, welche sich für die Berechnung der Eigenwellenlänge in weiten Grenzen als zulässig erweist, auch für Dämpfungsmessungen zutrifft, soll durch weitere Versuche entschieden werden.

[1]) Lindemann.

12. Untersuchung der Streuung des Transformators[1]. Beabsichtigt war die experimentelle Prüfung der von Rogowski aufgestellten Theorie der Streuung des Transformators[2]). Zu dem Zwecke wurde die Streuinduktivität eines Transformators mit und *ohne* Eisen, die Beiträge der primären und sekundären Wicklung, einzelner Spulen und Spulengruppen gemessen. Die Meßmethode weicht von der praktisch üblichen Kurzschlußmessung ab. Sie beruht darauf, *daſs man die primären Amperewindungen genau entgegengesetzt gleich den sekundären macht* (s. *a. a. O. S. 30*). Dies erreicht man beim Windungsverhältnis 1:1 durch einfache *Gegenschaltung* der Stromkreise. Hierdurch verschwindet die Resultante der Amperewindungen und mit ihr das gemeinschaftliche Feld. Es bleibt im Transformator nur das Streufeld übrig. Alsdann kann man Streuinduktivitäten ebenso bequem und genau wie Eigeninduktivitäten in der *Brücke* messen.

Der benutzte Transformator hatte das Windungsverhältnis 1:1. Seine Wicklung konnte sowohl als Scheibenwicklung mit geteilten oder vollen Endspulen wie auch als Zylinderwicklung geschaltet werden; das Eisen konnte leicht entfernt werden.

Aus den Versuchen folgt: Die gemessenen und nach Rogowski berechneten Streuinduktivitäten stimmen auf ungefähr 3% miteinander überein. Das Eisen verursacht eine kleine Erhöhung der Streuinduktivität bei der Scheibenwicklung mit geteilten Endspulen (etwa 2%), eine stärkere bei der Zylinderwicklung (etwa 10%), die stärkste bei der Scheibenwicklung mit vollen Endspulen (etwa 30%). Verschiedene Spulen liefern im allgemeinen sehr verschiedene Beiträge zur gesamten Streuinduktivität. Die Änderung der Streuinduktivität mit der Stromstärke war bei der Zylinderwicklung und der Scheibenwicklung mit geteilten Endspulen *überhaupt nicht nachzuweisen.* Aber auch bei der Scheibenwicklung mit vollen Endspulen ist sie *praktisch Null.*

Diese Resultate sind in Übereinstimmung mit der Theorie. Eine ausführliche Veröffentlichung der Versuche wird vorbereitet.

13. Versuche über Alterung von Sicherungen[3]. Es ist in der Praxis häufiger beobachtet worden, daß Sicherungen, die längere Zeit im Betriebe waren, ihren Widerstand erheblich vergrößerten. Auf Veranlassung des Verbandes Deutscher Elektrotechniker ist die Reichsanstalt in eine Untersuchung dieser Erscheinung eingetreten. Als Grund für dies sog. Altern der Sicherungen kann dreierlei vermutet werden:

1. Veränderung der Sicherungsdrähte durch Überlastung,
2. Zerstäubung des Metalls bei Hochspannungen,
3. Einfluß des Füllmaterials.

Es wurden daher zunächst Versuche mit Silberfäden gemacht, die frei in Luft gespannt waren. Die Drähte waren 0,5, 0,25 und 0,1 *mm* stark. Sie wurden teils sehr schwach, teils so stark belastet, daß sie schwach glühten. Sämtliche Drähte zeigten anfangs eine Abnahme des Widerstandes um einige Prozent, die darauf zurückzuführen ist, daß die durch das Ziehen hart gewordenen Drähte durch die Stromwärme wieder weicher werden. Die Drähte 0,5 und 0,25 *mm* zeigten, gleichgültig, ob schwach oder stark belastet, keine nennenswerten Änderungen des Widerstandes, ebenso der schwach belastete Draht 0,1 *mm*. Dagegen erfuhr der stark (mit 2 Amp.) belastete Draht 0,1 *mm* eine dauernde Widerstandszunahme (20%), bis er schließlich nach 12 Wochen durchschmolz. Dabei scheint das Metall nicht bloß oxydiert zu sein, sondern starke Änderungen des Gefüges erfahren zu haben. Von der Art der Lötung war das Verhalten der Probedrähte unabhängig. Zurzeit werden noch Versuche an dem 0,1 *mm*-Draht mit etwas kleinerer Stromstärke wiederholt. Über die Zerstäubung bei Hochspannung und den Einfluß des Füllmaterials liegen noch keine Ergebnisse vor.

---

[1]) Rogowski, Schmiedel.

[2]) Demnächst im vollen Umfange veröffentlicht in der von E. Jahnke herausgegebenen Sammlung: Mathematisch-physikalische Schriften für Ingenieure und Studierende; s. auch *Mitt. üb. Forschungsarbeiten auf d. Gebiete d. Ingenieurwesens Heft 71. S. 1—36. 1909.*

[3]) Orlich, Günther Schulze.

Für die Prüfung von Dosenschaltern schreibt der Verband Deutscher Elektrotechniker vor, daß die Schalter, bevor sie auf ihre Leistungsfähigkeit im Auschalten des Stromes geprüft werden, 5000-mal ein- und 5000-mal ausgeschaltet werden sollen, und zwar dürfen die Schaltergriffe nicht mit gleichförmiger Geschwindigkeit herumgedreht werden, sondern die Schaltungen sollen absatzweise, der Betätigung mit der Hand möglichst ähnlich, erfolgen. Es wurde ein Apparat konstruiert, der die Schalter in der verlangten Weise betätigt. Ein Stellrad, mit dem der Schaltergriff gekuppelt ist, wird von Zeit zu Zeit von dem Nocken einer gleichmäßig sich drehenden Scheibe ergriffen und um eine viertel Drehung herumgeworfen. Die Anordnung von 4 solchen Stellrädern gestattet die gleichzeitige Prüfung von 4 Schaltern. Eine Beschreibung des Apparates ist in der *Elektrotechn. Zeitschr.* ***31.*** *S. 291. 1910* veröffentlicht. *14. Schalterprüfapparat*[1].

Von Villard und Righi ist in neuerer Zeit, anknüpfend an ältere Versuche von Plücker, Hittorf und Birkeland, die elektrische Entladung in verdünnten Gasen unter Einwirkung eines Magnetfeldes untersucht worden. Eine gewöhnliche Kathodenstrahlröhre wurde mit einer Spule umgeben, sodaß ein Magnetfeld in der Richtung der Kathodenstrahlen erzeugt werden konnte. Beide Forscher gelangten zu folgenden Resultaten: *15. Kathodenstrahlen im longitudinalen Magnetfeld*[2].

1. Die Ablenkung der Strahlen durch ein elektrisches Kraftfeld erfolgte senkrecht zu diesem;
2. die Strahlen führten keine oder geringe Ladung mit sich;
3. das Entladungspotential war erheblich niedriger als ohne Einwirkung des Magnetfeldes.

Um diese Erscheinungen erklären zu können, nahmen sie an, daß unter Einwirkung des Magnetfeldes neutrale Teile von der Kathode fortgeschleudert wurden, in denen kreisende Elektronen Molekularströme bewirkten. Dementsprechend nannte Righi die Strahlen „magnetische Strahlen“.

Nun hat Fortin bereits durch eine Berechnung gezeigt, daß Kathodenstrahlen unter der Einwirkung eines starken longitudinalen Magnetfeldes durch ein elektrisches Kraftfeld senkrecht zu diesem abgelenkt werden, daß also die erste Beobachtung nicht zur Annahme neuer Strahlen zwingt.

Langevin und Perrin wiesen darauf hin, daß unter dem Einfluß des Magnetfeldes eine stärkere Ionisation stattfinden müsse, und daß hierdurch die Erniedrigung des Entladungspotentials erklärt werden könne.

Es blieb also die Verringerung der Ladung. Diese ist von Villard und Righi elektrometrisch bestimmt. Es liegt aber die Möglichkeit vor, daß wegen der starken Ionisation die elektrometrische Messung falsche Resultate liefert.

Aus diesem Grunde wurden die Versuche wiederholt, indem die Ladung in einem Faradayschen Käfig aufgefangen und mit einem empfindlichen Galvanometer gemessen wurde. In der Tat zeigte sich bei Anlegung des Magnetfeldes keine Verringerung der Ladung, während der elektrometrische Ausschlag stets stark zurückging.

Die Versuche führten also zu dem Schluß, daß sämtliche Erscheinungen ohne neue Hypothesen erklärt werden können.

Bei weiterer Ausführung der Fortinschen Rechnung ergab sich, daß die elektrostatische Ablenkung von der Stärke des Magnetfeldes abhängig sein muß. Ohne Magnetfeld ist die Ablenkung in Richtung des elektrischen Feldes. Bei allmählicher Verstärkung des Magnetfeldes dreht sich die Ablenkung in die senkrechte Lage. Bei weiterer Verstärkung kehrt die Drehrichtung mehrmals um und nähert sich in Pendelungen mit immer kleiner werdender Amplitude der senkrechten Lage. Auch dieses Resultat der Rechnung konnte durch die Versuche bestätigt werden.

---

[1]) Schering.
[2]) Diesselhorst, Reichenheim.

B. Schwachstrom-Laboratorium[1]).

1. Laufende Prüfungsarbeiten.

Im Jahre 1909 wurden geprüft

11 Proben Leitungsmaterial (6 Anträge);
3 Proben Widerstandsmaterial (2 Anträge);
70 Einzelwiderstände;
44 Widerstandssätze mit zusammen 1342 Abteilungen (6 Kompensatoren mit Meßbrücke, 3 Kompensatoren verschiedener Bauart, 5 Meßbrücken, 23 Widerstandssätze und Spannungsteiler, 7 Verzweigungsbüchsen);
10 verschiedene Prüfungen;
42 Clarksche Normalelemente;
15 Westonsche Normalelemente (mit Überschuß an Kadmiumsulfat-Kristallen);
83 Elemente der Weston Co. (mit bei 4° C. gesättigter Lösung);
8 Akkumulatoren (3 Anträge);
54 Trockenelemente (10 Anträge).

2. Widerstände.

Von den geprüften Einzelwiderständen waren 45 Draht- und 25 Blech-Widerstände, sämtlich aus Manganin. Für 85 Widerstände und Widerstandssätze lagen Angaben über den Besteller vor. Danach waren 55 für das Ausland bestimmt, und zwar gingen 20 nach den Vereinigten Staaten von Nordamerika, je 8 nach Dänemark und England (nebst Kolonien), 6 nach Österreich-Ungarn, 5 nach Italien, je 3 nach den Niederlanden und der Schweiz und 2 nach Frankreich.

Für die verschiedenen Laboratorien der Reichsanstalt wurden 30 Einzelwiderstände und 1 Widerstandssatz mit 22 Abteilungen geprüft sowie 4 Untersuchungen über den spezifischen Widerstand bezw. Temperaturkoeffizienten verschiedener Metalle und Legierungen und 2 weitere Prüfungen vorgenommen.

3. Normalelemente.

Bei den geprüften Clark-Elementen lag die Abweichung vom Sollwert (1,4328 Volt bei 15° C.)

bei 10	Stück	zwischen	0,0000	und	0,0004	Volt,
„ 25	„	„	0,0004	„	0,0007	„ ,
„ 4	„	„	0,0007	„	0,0010	„ ,
„ 1	„	über	0,0010			„ ;
„ 2	„	zeigten sich äußere Mängel.				

Bei den Weston-Normalelementen (mit Überschuß an Kadmiumsulfat-Kristallen) waren die Unterschiede gegen den Normalwert (1,0186 Volt bei 20° C.) für 14 Elemente kleiner als ± 0,0002 Volt; 1 Element war fehlerhaft. Dieser Typus von Normalelementen, der bekanntlich von der Londoner Konferenz 1908 über elektrische Einheiten und Normale zur internationalen Annahme empfohlen worden ist, wurde im Berichtsjahre zum ersten Mal in mehreren zum Verkauf bestimmten Exemplaren von der Weston Instrument Co. zur Prüfung eingereicht.

Die Prüfung der von derselben Firma hergestellten Elemente mit bei 4° C. gesättigter Kadmiumsulfat-Lösung ergab (bei Zimmertemperatur) die folgenden Werte:

bei 11	Stück	1,0189	Volt,
„ 28	„	1,0190	„ ,
„ 32	„	1,0191	„ ,
„ 10	„	1,0192	„ ,
„ 1	„	1,0193	„ ;

1 Element wurde infolge zu hohen inneren Widerstandes nicht geprüft.

Das Vorhandensein von zwei Sorten von Normalelementen, die sich in ihrer elektromotorischen Kraft so wenig unterscheiden, dürfte sich, nachdem beide Sorten in den Verkehr gelangt sind, störend bemerkbar machen und zu Versehen Veranlassung geben. Es wäre zu wünschen, daß die Fabrikation der Elemente mit (bei gewöhnlicher Temperatur) ungesättigter Lösung aufgegeben würde.

[1]) Lindeck.

Außer den Kontrollnormalen (42 Einzelwiderständen und 14 Normalelementen) wurden im Berichtsjahr für die Prüfämter Nr. 1 bis 7 auch 9 Kompensationsapparate und Widerstandssätze mit zusammen 482 Abteilungen der vorgeschriebenen Nachprüfung unterzogen. *4. Nachprüfung für die Elektrischen Prüfämter.*

Im Berichtsjahr sind wieder zwei vollständige Messungsreihen an allen Normalwiderständen des Laboratoriums (45 Stück) Anfang April und Ende Oktober ausgeführt worden. Von diesen Normalen befinden sich 8 Stück seit Februar 1908 in einem Hygrostaten bei konstanter Feuchtigkeit (50%); die übrigen sind den Feuchtigkeitsschwankungen der Zimmerluft ausgesetzt. Ferner wurden beide Male 5 Widerstände des Starkstromlaboratoriums mitgemessen, die ebenfalls seit 2 Jahren in konstanter Feuchtigkeit aufbewahrt werden. *5. Änderungen von Drahtwiderständen mit der Luftfeuchtigkeit.*

In der Tabelle 1 sind die gemessenen Werte für diejenigen Hauptnormale mitgeteilt, für welche schon früher (*diese Zeitschr. 28. S. 234. 1908*) Angaben über die Größe des Feuchtigkeitseinflusses für den Zeitraum April 1907 bis April 1908 gemacht worden sind. Damals mußte dieser Einfluß auf die Büchse 1_A von 1 Ohm zunächst als verschwindend klein angenommen werden, und erst indirekt wurde geschlossen, daß auch die 1 Ohm-Büchsen eine, wenn auch sehr kleine periodische Änderung erleiden können.

Den jetzt mitzuteilenden Zahlen liegt die Annahme zugrunde, daß die Büchse 1_D, die sich schon seit zwei Jahren auf konstanter Feuchtigkeit befindet, unverändert geblieben ist. Die Änderungen der in Zimmerluft befindlichen 1 Ohm-Büchsen vom Frühjahr bis zum Herbst 1909 wurden relativ zu 1_D gemessen, und es ergaben sich für die Normale 1_A, 1_B, 1_C Anstiege von 12, 5, 9 Millionteln; früher (*a. a. O. S. 235*) war die Änderung von 1_A in guter Übereinstimmung damit auf 0,001 bis $0{,}001_5$% geschätzt worden.

Tabelle 1.

Widerstandszunahme von in Zimmerluft befindlichen Normalen vom April bis Oktober 1909 in Millionteln ihres Wertes.

1_A	10_A	10_B	100_A	100_B	1000_A	1000_B	1000_C
12	28	23	33	35	72	79	50[1])

$10\,000_A$	$10\,000_B$	$10\,000_C$	$100\,000_A$	$100\,000_B$
60	55	67	140	147

Es muß noch bemerkt werden, daß unter den Normalen sich drei Stück fanden, die erheblich größere Änderungen zeigten, als die übrigen Büchsen desselben Nennwerts, nämlich 10_E mit 79; 100_C mit 116 und 100_E mit 81 Millionteln Änderung.

In Tabelle 2 sind die Widerstandsänderungen solcher Büchsen aufgeführt, die einen Feuchtigkeitseinfluß nicht zeigen können, sei es, daß sie aus noch dickerem Draht als die 1 Ohm-Büchsen oder aus Blech bestehen (Normale $0{,}1_A$, $0{,}1_B$; $0{,}01_A$, $0{,}01_B$; $0{,}001_A$, $0{,}001_B$), sei es, daß sie bei konstanter Feuchtigkeit aufbewahrt wurden (Normale 1_D, ... $10\,000_D$, $100\,000_C$).

Die Annahme, daß 1_D vollständig konstant geblieben ist, wird also durch die Beobachtungen durchaus bestätigt; die Büchse $100\,000_C$, die früher eine ähnliche Inkonstanz aufwies wie die in Tabelle 1 aufgeführten beiden Büchsen von 100 000 Ohm, zeigt nun ebenfalls nur noch ganz geringe Änderungen. Auch die oben erwähnten, bei gleichbleibender Feuchtigkeit aufbewahrten Normale des Starkstrom-Laboratoriums haben Konstanz bis auf 0,001%

[1]) Die Büchse 1000_C wurde dauernd unter Paraffinöl aufbewahrt, das also, wie bereits im vorigen Bericht bemerkt wurde, für lange Zeiträume nicht genügend schützt.

gezeigt; daß die Änderungen etwas größer waren als bei den in Tabelle 2 aufgeführten Normalen, rührt wohl daher, daß die letzteren relativ selten, die anderen dagegen sehr häufig aus ihrem Hygrostaten zur Verwendung bei Messungen (vgl. *diese Zeitschr.* **29.** *S. 306. 1909*) herausgenommen wurden.

Tabelle 2.

Widerstandszunahme in Millionteln des Wertes vom April bis Oktober 1909.

$0{,}1_A$	$0{,}1_B$	$0{,}01_A$	$0{,}01_B$	$0{,}001_A$	$0{,}001_B$
− 2	0	+ 4	+ 4	+ 3	+ 4

1_D	10_D	100_D	1000_D	$10\,000_D$	$100\,000_C$
0[1])	− 1	+ 1	0	0	+ 5

Da nunmehr der Feuchtigkeitseinfluß auf Drahtnormale im Charlottenburger Klima während dreier Jahre verfolgt worden und genügend bekannt ist, sollen in Zukunft sämtliche derartigen Normale des Laboratoriums durch Aufbewahrung in einem Hygrostaten dem Feuchtigkeits-Einfluß entzogen werden. Ein Schrank ist dafür konstruiert worden.

6. Messung hoher Drucke.

In *dieser Zeitschr.* **28.** *S. 230. 1908* wurde ein Versuch erwähnt, bei dem die Widerstandserhöhung, die ein auf ein Rohr gewickelter Draht erfährt, wenn das Rohr durch einen auf seine Innenwandung wirkenden Druck radial gedehnt wird, zur Messung dieses Druckes dient. Damals war ein Messingrohr von 0,2 *mm* Wandstärke und 20 *mm* Durchmesser bei Drucken bis etwa 60 kg/cm^2 verwandt worden. Die Versuche wurden in Gemeinschaft mit dem Laboratorium für Wärme und Druck zunächst mit einem Stahlrohr von etwa 4 *mm* Wandstärke, 25 *mm* äußerem Durchmesser und 24 *cm* freier Länge fortgesetzt. Symmetrisch zur Mitte war ein dünner, mit Seide doppelt umsponnener Manganindraht von 500 Ohm Widerstand auf das Rohr nach Art der Normalwiderstände auf eine Länge von etwa 6 *cm* in einer Lage aufgewickelt. Die auf das Innere des Rohres ausgeübten Flüssigkeitsdrucke wurden mit einer Stückrathschen Druckwage genau eingestellt. Eine Versuchsreihe ist nachstehend mitgeteilt.

Reihenfolge der Messungen	Druck kg/cm^2	Widerstand bei 17,5° C. Ohm	Mittel	Widerstandszunahme in Ohm bei 200 *kg* Druckzunahme
1	0	500,0503		
4		497		
7		490	500,0501	
10		504		
13		509		0,0393
2	200	500,0890		
12		898	,0894	
				0,0394
3	400	500,1283		
11		1293	,1288	
				0,0394
5	600	500,1679		
9		1685	,1682	
				0,0390
6	800	500,2069		
8		2075	,2072	

[1]) Annahme.

Elastische Nachwirkung machte sich, wie ersichtlich, in geringem Maße bemerkbar. Die Widerstandszunahme erfolgte bis etwa 800 *kg*/*cm*² mit großer Annäherung der Druckzunahme proportional; andere Versuchsreihen mit derselben Druckspule ergaben nahe übereinstimmende Resultate. Bei der Steigerung des Drucks auf 1000 *kg* traten dagegen von 900 *kg* ab starke, dauernde Widerstandserhöhungen ein.

Messungen mit einem gehärteten Stahlrohr ließen, trotzdem das Rohr eine größere Druckempfindlichkeit zeigte als das obige, bei 1000 *kg* noch keine dauernden Widerstandsänderungen erkennen. Die Versuche wurden zeitweilig abgebrochen, da die Druckwage für die Messung von Drucken über 800 *kg* einer konstruktiven Änderung unterzogen werden muß.

Ob der beschriebenen Methode ein praktischer Wert beizumessen ist, mag dahingestellt bleiben, da äußerst präzise Widerstandsmessungen erforderlich sind und trotzdem der Druck nicht sehr genau erhalten wird.

C. Referat für die Elektrischen Prüfämter[1]).

1. Prüfämter.

Der Umfang der Prüfung elektrischer Meßgeräte durch die Elektrischen Prüfämter ist annähernd derselbe wie in den früheren Jahren gewesen. Die statistischen Angaben über diese Tätigkeit sind in der folgenden Tafel zusammengestellt.

	Prüfamt						
	Ilmenau	Hamburg	München	Nürnberg	Chemnitz	Frankfurt	Bremen
a) Zähler							
mit Beglaubigungsstempel versehen	11	230	8681	987	6	1852	746
mit Verkehrsstempel versehen	9	191	1933	76	63	2040	682
unzulässig	4	19	4	9	3	301	77
im Ganzen	24	440	10618	1072	72	4193	1505
davon nachgeeicht	7	107	—	—	6	1580	402
ausgebessert u. nachgeeicht	7	220	2918	28	6	1257	3
b) Tarifuhren, Zeitzähler u. andere Tarifapparate	—	—	249	—	—	319	—
c) Strom-, Spannungs-, Leistungsmesser und andere elektrische Meßgeräte	2	12	236	10	26	102	129

Außerdem sind mehrfach Untersuchungen von Zählerarten und anderen elektrischen Apparaten und Einrichtungen von den Prüfämtern vorgenommen worden.

Im März dieses Jahres haben die Elektrischen Prüfämter gemeinsam eine Eingabe betreffend die amtliche Prüfung und Beglaubigung der Elektrizitätszähler dem Reichsamte des Innern eingereicht. Hierzu hat sich der preußische Handelsminister in dem Sinne geäußert, daß es zunächst wünschenswert sei, Normativbestimmungen für in Preußen zu errichtende kommunale Prüfämter auf Grund der bei dem Prüfamte Frankfurt a. M. gemachten Erfahrungen aufzustellen. Die Reichsanstalt hat in dem ihr hierüber aufgetragenen Berichte Grundzüge für die genannten Normativbestimmungen in Vorschlag gebracht, eine von dem Magistrate der Stadt Frankfurt a. M. gelieferte Darstellung der Organisation des Frankfurter Prüfamts dem Reichsamte des Inneren weitergegeben und sich dem darin vom Frankfurter Magistrate ausgesprochenen günstigen Urteile über die dort mit der allgemeinen amtlichen Zählerprüfung gemachten Erfahrungen angeschlossen. Gleichzeitig hat sie eine vom Geh. Reg.-Rat Feußner ausgearbeitete Denkschrift über das elektrische Prüfungswesen dem Reichsamt des Innern eingereicht.

[1]) Feußner.

2. Systemprüfungen.

Die folgenden 12 Zählersysteme sind neu zur Beglaubigung zugelassen worden:

System 39: *Motorzähler für Gleichstrom.* Form ER und BER_2 der Isaria-Zähler-Werke in München.

„ 40: *Induktionszähler für Wechselstrom*, Form BE, und für gleichbelasteten Drehstrom, Form BS der Bergmann-Elektrizitäts-Werke, A.-G. in Berlin.

„ 41: *Induktionszähler für Drehstrom*, Form D_3, D_4i und D_4a der Allgemeinen Elektrizitäts-Gesellschaft in Berlin.

„ 42: *Induktionszähler für mehrphasigen Wechselstrom*, Form BDU_3, BDU_4, BZU_0, BZU_3 und BZU_4 der Bergmann-Elektrizitäts-Werke, A.-G. in Berlin.

„ 43: *Motorzähler für Gleichstrom*, Form G_4 der Siemens-Schuckert-Werke G. m. b. H. in Berlin.

„ 44: *Motorzähler für Gleichstrom*, Form BR der Bergmann-Elektrizitäts-Werke, A.-G. in Berlin.

„ 45: *Elektrolytzähler für Gleichstrom*, Form Stia HN und Stia FN der Firma Schott u. Gen, Glaswerk in Jena.

„ 46: *Quecksilber-Motorzähler für Gleichstrom*, Form B der Deutschen Ferranti-Zähler-Gesellschaft m. b. H. in Berlin.

„ 47: *Induktionszähler für Wechselstrom*, Form F, und für Drehstrom mit gleichbelasteten Zweigen, Form FM der Deutschen Ferranti-Zähler-Gesellschaft m. b. H. in Berlin.

„ 48: *Induktionszähler für zwei- und dreiphasigen Wechselstrom*, Form TDU der Isaria-Zähler-Werke in München.

„ 49: *Magnetmotorzähler für Gleichstrom*, Form AG der Firma Keiser & Schmidt in Berlin-Charlottenburg.

„ 50: *Magnetmotorzähler für Gleichstrom*, Form GC der Elektrizitätszählerfabrik J. Busch in Pinneberg.

Ferner wurden noch abgeänderte Ausführungsformen zu den Systemen 24 und 27 diesen Systemen eingereiht.

Zu den bisher erschienenen 46 Bekanntmachungen über Prüfungen und Beglaubigungen durch die Elektrischen Prüfämter wurde ein Inhaltsverzeichnis mit Vorbemerkungen und Titelblatt ausgegeben und damit der erste Band dieser Bekanntmachungen abgeschlossen. Derselbe umfaßt 50 in den Jahren 1903 bis 1909 zur Beglaubigung zugelassene Zählersysteme und 8 inzwischen an diesen Systemen vorgenommene Änderungen.

3. Fortschritte im Zählerbau.

In grundsätzlicher Hinsicht hat sich im Zählerbau in den letzten zehn Jahren nicht viel geändert. Das Wesentlichste in dieser Beziehung ist wohl, daß zwei Zählerarten, welche in England schon seit längerer Zeit in Gebrauch sind, in den letzten Jahren auch in Deutschland Eingang gefunden haben. Es sind dies erstens die Quecksilbermotorzähler nach Ferranti und nach Hookham, welche von der Deutschen Ferranti-Zähler-Gesellschaft in Berlin und von den Solarzählerwerken in Hamburg in Verkehr gebracht werden, und zweitens die Elektrolytzähler mit Jodquecksilber-Jodkalium-Lösung, welche von dem Glaswerke Schott & Gen. in Jena hergestellt und unter dem Namen Stia-Zähler in den Handel gebracht werden. Die Eigentümlichkeit dieser neuen Zählerarten in Vergleich zu den bisher üblichen Formen beruht darin, daß sie die Einfachheit der Amperestundenzähler und den geringen Eigenverbrauch derselben bei kleinen Stromstärken mit dem Vorteil verbinden, keinen Kollektor zu besitzen.

Die Fortschritte des Zählerwesens im allgemeinen bestehen hauptsächlich in Vereinfachungen der Modelle, Verkleinerung der Abmessungen und Ausbildung der Massenfabri-

kation. Die letztere ist durch das rasch steigende Bedürfnis nach Zählern bedingt; eine einzelne Fabrik stellt zurzeit täglich 600 Zähler fertig; dabei werden alle Fabriken noch immer erweitert und neue eingerichtet. Etwa die Hälfte der deutschen Fabrikation geht nach dem Auslande; im Reiche hat sich die Zahl der in Betrieb befindlichen Zähler im letzten Jahrzehnt reichlich verzehnfacht und wird dies in dem kommenden Jahrzehnt nach dem Stande der gegenwärtigen Entwicklung noch einmal tun, sodaß man nach zehn Jahren mit hundertmal so viel in Betriebe befindlichen Zählern wird rechnen müssen als zu der Zeit, da die Bestimmungen über die Ausführung des Gesetzes betreffend die elektrischen Maßeinheiten beraten wurden. Die Massenfabrikation bringt es mit sich, daß diejenigen Teile, welche früher aus Guß hergestellt zu werden pflegten, z. B. die Grundplatte, jetzt gewöhnlich aus gepreßtem Blech angefertigt werden. Die Zähler werden hierdurch und durch die verkleinerten Abmessungen bedeutend leichter und billiger. Man kann wohl sagen, daß Gewicht und Preis durchschnittlich auf die Hälfte bis ein Viertel von dem, was sie vor zehn Jahren betrugen, herabgegangen sind. Diese Entwicklung ist noch nicht abgeschlossen; namentlich hat sie sich bisher nur wenig auf die Zählwerke erstreckt. Es ist aber zu erwarten, daß durch sorgfältigen, nach dem Grundsatze geringsten Kraftverbrauches berechneten Bau dieses Teils Eigenverbrauch, Größe und Preis der ganzen Zähler noch erheblich werden verringert werden können.

4. Sondertarifzähler.

Neben den normalen Elektrizitätszählern, welche nur die verbrauchte elektrische Arbeit nach Kilowattstunden angeben, sind vielfach noch andere Arten von Meßgeräten zur Bestimmung der Vergütung für den Stromverbrauch in Anwendung, welche entweder dazu dienen, den Preis je nach der Tageszeit, zu welcher der Verbrauch stattfindet, verschieden zu bemessen, oder den Strom auszuschalten, sobald eine vereinbarte Stromstärke überschritten wird oder der zu zahlende Preis nicht im voraus in bestimmter Münze in den Apparat eingeworfen worden ist.

Je nach den besonderen Lieferungsbedingungen der einzelnen Werke werden solche Apparate in mannigfaltiger Ausführung hergestellt und kommen unter den Benennungen Doppeltarifzähler, Mehrfachtarifzähler (Preiszähler), Maximumzähler, Subtraktionszähler, Strombegrenzer, Zeitzähler, Münzzähler (Selbstverkäufer, Automaten) u. a. in den Verkehr.

Der Zweck der sämtlichen zuerst erwähnten Einrichtungen dieser Art besteht darin, die Stromentnahme aus dem Werke gleichmäßiger über die Tageszeiten zu verteilen, während durch die Münzzähler die Bezahlung des Stromverbrauchs nicht, wie bei größeren Abnehmern üblich, erst nach Ablauf eines längeren Zeitraums, sondern dem täglichen Verbrauch entsprechend während des ganzen Monats erfolgen soll. Wie weit diese Zwecke wirklich erreicht werden, ist zweifelhaft, doch kann die Reichsanstalt sich den Wünschen der Beteiligten, auch diese Apparate zur Beglaubigung zugelassen zu erhalten, nicht entziehen, sofern die Meßgeräte den für die Genauigkeit und Zuverlässigkeit der Angaben zu stellenden Bedingungen entsprechen.

Die Sondertarifzähler bestehen in der Regel aus einem normalen Zähler, zu welchem ein Zusatzapparat hinzugefügt worden ist. Dies kann eine Uhr sein, welche die Zählerangaben mechanisch oder elektrisch beeinflußt. Die Tarifuhren können getrennt von dem Zähler in ein besonderes Gehäuse eingebaut werden — auch für mehrere Zähler gemeinsam dienen — oder für alle an das Werk angeschlossenen Zähler dieser Art gemeinsam in der Zentrale aufgestellt werden. In diesen Fällen pflegen die Zähler sich von den normalen Zählern nur dadurch zu unterscheiden, daß sie zwei Zählwerke enthalten, von denen bald das eine, bald das andere durch eine von der Uhr betätigte elektrische Umschaltung mit dem Zähleranker in Eingriff gesetzt wird.

Solche Einrichtungen sollen nun durch eine Ergänzungsprüfung (§ 6 der Prüfordnung) in das System, welchem die normalen Zähler angehören, aufgenommen werden können. Der Beglaubigungsstempel erstreckt sich in diesem Fall nur auf den Zähler, nicht auch auf die Tarifuhr.

Wenn die Tarifuhren auch einer Beglaubigung unterworfen werden sollen, oder wenn die Sondertarifeinrichtungen mit den Zählern zusammen in ein Gehäuse eingeschlossen oder durch dieselbe Grundplatte fest verbunden sind, müssen sie, um zur Beglaubigung zugelassen werden zu können, einer besonderen Systemprüfung unterworfen werden.

Die bezüglichen Anmeldungen haben sich, sofern normale Zähler dabei in Anwendung kommen, auf die Verbindung der Sondertarifeinrichtung mit einem bestimmten oder mit mehreren ähnlich gebauten, bereits zugelassenen oder gleichzeitig angemeldeten Zählersystemen zu beziehen. Die betreffenden Zähler sind, mit der entsprechenden Sondertarifausrüstung versehen, gleichzeitig einzuliefern.

D. Magnetisches Laboratorium[1]. *1. Übersicht über die Prüfungsarbeiten.*

Geprüft wurden

I. Meßapparate.

Magnetisierungsapparate (nach Koepsel-Kath) der Firma Siemens & Halske A.-G.	3
Magnetische Wage (nach du Bois)	1

II. Materialien.

Die Anzahl der Prüfungen betrug

für unmagnetisches Material (Nickelstahl)	60
„ Stahlguß, Gußeisen u. s. w.	66
„ Glockenmagnete	2
„ Dynamoblech	67

und zwar wurden 44 von den letzteren Proben statisch, 23 wattmetrisch untersucht.

2. Verbesserung der Untersuchungsmethode für magnetische Materialien.

Die Untersuchung nach dem ballistischen Verfahren mit dem Hopkinsonschen Schlußjoch, welche im magnetischen Laboratorium hauptsächlich verwendet wird, bietet nach verschiedenen Richtungen hin mancherlei Vorteile. Der hauptsächlichste Nachteil, den natürlich auch die anderen auf dem Jochprinzip beruhenden Prüfungsapparate aufweisen (z. B. der Magnetisierungsapparat nach Koepsel-Kath, die magnetische Wage nach du Bois u. s. w.), besteht darin, daß die von ihr gelieferten Werte nicht absolute sind, sondern einer gewissen Verbesserung (Scherung) bedürfen. Diese hängt nicht nur von der Beschaffenheit des verwendeten Jochs, sondern bis zu einem gewissen Maße auch von den erst zu bestimmenden Eigenschaften des jeweiligen Versuchsstabes oder Probebündels ab. In diesem Umstande liegt auch für den erfahrenen Beobachter eine Fehlerquelle, welche namentlich bei sehr weichem Material eine nicht unbeträchtliche Unsicherheit bedingt und bereits begonnen hat, die ganze Methode in weiteren Kreisen in Mißkredit zu bringen.

Es sind nun Versuche begonnen worden, welche hoffen lassen, daß es gelingen wird, wenigstens für die Kommutierungskurve die zu einem beobachteten Wert der Induktion $\mathfrak{B}$ gehörige Feldstärke $\mathfrak{H}$ im Joch *direkt* zu bestimmen und damit die ganze, von der Scherung herrührende Unsicherheit zu vermeiden.

3. Messung von hohen Induktionen.

Die schon im vorigen Bericht erwähnten Versuche über die Messung hoher Induktionen mittels der verbesserten Ewingschen Isthmusmethode sind zu einem gewissen Abschluß gelangt. Es hat sich gezeigt, daß bei weichem Material, bei welchem die Sättigung schon bei etwa $\mathfrak{H} = 2000$ eintritt, zur Untersuchung des gesamten Intervalls zwischen $\mathfrak{H} = 100$ und $\mathfrak{H} = 5000$ eine einzige Spulenkombination genügt. Nur in den seltenen Fällen, wo die Sättigungsgrenze wesentlich höher liegt (gehärteter Stahl u. s. w.), ist die Anwendung einer zweiten Spulenkombination erforderlich, die bei Benutzung des verfügbaren, relativ schwachen Elektromagnets Feldstärken bis zu etwa $\mathfrak{H} = 7000$ zu erreichen gestattet (Anh. Nr. 35).

Auch die Ausdehnung dieser Messungen auf Dynamoblech hat nach ziemlich langwierigen Versuchen zu einem befriedigenden Ergebnis geführt. Zunächst schien als Bindemittel für die verschiedenen Blechstreifen, aus welchen die Probestäbchen zusammengesetzt

[1]) Gumlich, Rogowski.

werden mußten, nur Hausenblase in Frage zu kommen; doch erwies sich dieselbe als wenig dauerhaft bei der weiteren Bearbeitung, sodaß die Herstellung eines Probestäbchens außergewöhnlichen Zeitaufwand und große Sorgfalt erforderte. Systematische Versuche ergaben jedoch, daß sich bei vorsichtiger Behandlung auch Woodsche Legierung und sogar Zinn als Bindemittel verwenden läßt, ohne daß die Genauigkeit der Messungen oder die Eigenschaften des Materials darunter leiden. Die Herstellung eines Probestäbchens nimmt nunmehr nur noch etwa 5 Stunden in Anspruch, und auch die Messung selbst bietet keine prinzipiellen Schwierigkeiten mehr, sodaß also auch die Untersuchung von Dynamoblech ohne besondere Mühe und Kosten bis zu etwa $\mathfrak{B} = 25000$ erfolgen kann. Die Bestimmung von hohen Induktionen bis zur Sättigung wurde daher unter die laufenden Prüfungen des magnetischen Laboratoriums aufgenommen, und die Technik hat bereits mehrfach davon Gebrauch gemacht.

4. Anfangspermeabilität.

Bei der Untersuchung der Anfangspermeabilität (Magnetisierbarkeit durch sehr kleine Kräfte) mußte man sich vorläufig noch auf die Messungen an einer größeren Zahl einwandfrei entmagnetisierter zylindrischer Stäbe beschränken. Die definitive Berechnung derselben kann erst dann erfolgen, wenn die im Gang befindlichen vergleichenden Versuche zwischen den Messungsergebnissen an Ellipsoiden und an Stäben verschiedener Dimensionsverhältnisse abgeschlossen sind.

5. Untersuchung der Gesetze des magnetischen Kreises unter Berücksichtigung der Hysterese.

Die Untersuchung der Gesetzmäßigkeit des magnetischen Kreises unter Berücksichtigung der Hysterese mußte wegen anderweitiger dringlicherer Arbeiten zunächst noch zurückgestellt werden.

6. Einfluß der chemischen Zusammensetzung und thermischen Behandlung auf die magnetischen und elektrischen Eigenschaften der Eisenlegierungen.

Die Versuche mit dem von der Firma C. A. F. Kahlbaum in Berlin hergestellten reinen Eisen haben noch nicht zu einem befriedigenden Ergebnis geführt, werden jedoch fortgesetzt. Dagegen wurden mit mehreren Proben von Elektrolyteisen, die von Prof. Franz Fischer in Berlin hergestellt und der Reichsanstalt überlassen worden waren, außerordentlich günstige Erfolge erzielt. Beispielsweise gelang es, durch Ausglühen im Vakuum zum Zweck möglichst vollständiger Beseitigung des Wasserstoffgehalts die ursprünglich sehr beträchtliche Koerzitivkraft bis auf $0{,}2_3$ zu verringern, sodaß die Möglichkeit der Herstellung von völlig hysteresefreiem Eisen noch weiter an Wahrscheinlichkeit gewonnen hat.

Von besonderem Interesse ist die Tatsache, daß es gelungen ist, mit ein und derselben besonders reinen Probe durch veränderte Behandlung Magnetisierungskurven von ganz verschiedenem Charakter willkürlich herzustellen, und zwar entweder flachgestreckte, schmale oder außerordentlich steile, breitere Hysteresekurven; damit wird natürlich auch die Permeabilität und die Remanenz derselben Probe bis zu einem gewissen Maße willkürlich veränderlich.

Die Untersuchung der von den Firmen Krupp und Lindenberg gelieferten, aus 15 verschiedenen Legierungen bestehenden Siliziumreihe ist der Hauptsache nach beendigt worden. Sämtliche Proben wurden in Stab- und in Blechform untersucht, soweit sie sich auswalzen ließen, und zwar wurden zunächst vor dem Glühen die Magnetisierungskurven aufgenommen und die Koerzitivkräfte gesondert magnetometrisch bestimmt. Sodann wurden die Proben bei sechs Temperaturen zwischen 700° und 1000° einem teilweise mehrfachen Ausglühprozeß unterworfen und die Bestimmung der Koerzitivkraft wiederholt, weil die Änderung derselben als bequemer und in den meisten Fällen auch hinreichend genauer Maßstab für die Änderung der magnetischen Eigenschaften des Materials angesehen werden kann. Selbstverständlich nahm man aber in allen den Fällen, wo sich interessante Einzelheiten erwarten ließen, die ganzen Hystereseschleifen auch nach dem Glühen auf. Die Blechproben wurden sodann einer 600-stündigen Erwärmung unterworfen, um die Abhängigkeit des sogenannten „Alterns“ (Vergrößerung des Hystereverlusts durch Dauer-Erwärmung) von der Höhe des Siliziumgehalts festzustellen.

Über die Anfangspermeabilität der Siliziumlegierungen liegen vorläufig nur die unreduzierten Beobachtungen vor (vgl. oben); dagegen konnten die Sättigungswerte in der Abhängigkeit vom Siliziumgehalt vor und nach dem Ausglühen endgültig bestimmt werden, und gerade sie ermöglichten es, über die Art des Einflusses des Siliziumzusatzes auf die Magnetisierbarkeit einige Klarheit zu gewinnen.

Außerdem wurden noch der spezifische Widerstand, der Temperaturkoeffizient desselben sowie die Umwandlungspunkte der Legierungen in ihrer Beziehung zum Siliziumgehalt ermittelt.

Natürlich bedürfen die sämtlichen gewonnenen Werte noch insofern einer gewissen Korrektion, als der Einfluß der mitunter nicht unbeträchtlichen Verunreinigungen der Proben durch C, Mn u. s. w. durch spätere Versuche noch besonders festgestellt werden muß.

Einige interessante Einzelheiten der bisherigen Untersuchungen der Siliziumreihe sollen nach Eintreffen neuer geeigneter Proben noch weiter verfolgt werden.

Die Untersuchung zweier von den Firmen **Lindenberg** und **Phönix** zur Verfügung gestellten Kohlenstoffreihen hat begonnen. Leider sind die Proben wegen ihres beträchtlichen Mangangehalts für den vorliegenden Zweck wenig geeignet, doch ist Aussicht vorhanden, sie durch einige geeignetere Proben zu ergänzen.

Es ist beabsichtigt, nicht nur den bekannten, schädigenden Einfluß des C-Gehalts auf magnetisch *weiches* Material näher zu untersuchen, sondern auch die günstigsten Bedingungen für die Herstellung von magnetisch hartem, zu Dauermagneten geeignetem Material zu studieren. Zu diesem Zweck wurde ein um eine horizontale Achse drehbarer, elektrisch geheizter Härtungsofen konstruiert, welcher gestattet, die Probestäbe in kürzester Zeit aus der Glühtemperatur von bekannter Höhe in die Härtungsflüssigkeit fallen zu lassen.

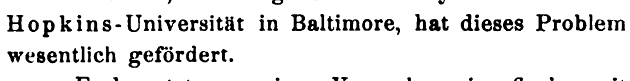
(Schluß folgt.)

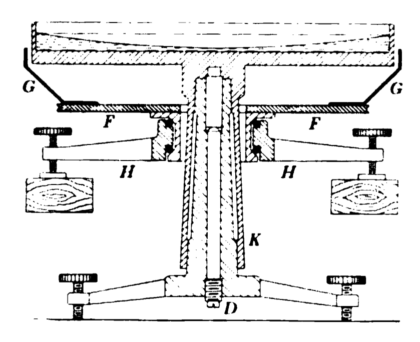
Referate.

Das Quecksilberparaboloid als Teleskopspiegel.

Von R. W. Wood. *Astrophys. Journ.* **29**. *S. 164. 1909.*

Der Gedanke, die freie Oberfläche einer gleichförmig rotierenden Flüssigkeit, die bekanntlich stets die Form eines Paraboloids annimmt, als Spiegelfläche in einem Teleskop zu benutzen, ist schon wiederholt geäußert worden, allein ernstliche Versuche, die bei seiner praktischen Durchführung auftretenden Schwierigkeiten zu überwinden, scheinen bisher noch nicht gemacht worden zu sein. Erst **R. W. Wood**, der ausgezeichnete Physiker der **John Hopkins**-Universität in Baltimore, hat dieses Problem wesentlich gefördert.





Er benutzte zu seinen Versuchen eine flache, mit Quecksilber gefüllte Schale, die durch einen Elektromotor in gleichmäßige Rotation versetzt wurde. Zunächst studierte er unter Benutzung einer Schale von 18 *cm* Durchmesser die verschiedenen Ursachen, welche die Ausbildung der idealen Rotationsfläche stören und zur Entstehung von kleineren oder größeren Wellen auf der Quecksilberoberfläche Anlaß geben. Es zeigten sich vier verschiedene Arten solcher Störungen.

1. Erschütterungen, die vom Motor her durch den Fußboden oder durch die Transmission übertragen wurden. Diese Störungen beseitigte der Verf. bei seinen späteren, mit einer Schale von 51 *cm* Durchmesser ausgeführten Versuchen durch feste Aufstellung auf einem massiven Pfeiler, der in einem Schachte 4 *m* unter der Erdoberfläche erbaut wurde, und durch eine eigenartige Transmissionsvorrichtung, deren Einrichtung aus der Figur zu erkennen ist. Die Rotationsachse K der Schale ist ähnlich konstruiert wie die vertikale Achse eines großen Universalinstruments; die Führung erfolgt auf zwei konischen Lagern am oberen und unteren Ende der Achse, und der größte Teil des Gewichtes der Schale wird durch einen mit der Schraube D regulierbaren zentralen Bolzen getragen. Mit Hülfe dreier Fußschrauben läßt sich die Achse genau senkrecht stellen. Die von dem Motor kommende Transmissionsschnur greift nun nicht direkt an der Quecksilberschale an, sondern an einer

isoliert davon auf einem zweiten Dreifuß *H* mit konzentrischer Achse aufgestellten Drehscheibe *F*. Diese hölzerne Scheibe dreht sich leicht auf Kugellagern und trägt an ihrem Rande die Nut für die Transmissionsschnur. Von dieser Scheibe gedachte Wood zunächst die Bewegung durch die gegenseitige Anziehung mehrerer Magnetpaare, die am Rande der Schale und der Scheibe befestigt waren, zu übertragen. Später fand er jedoch, daß eine Anzahl von Gummifäden, die zwischen den Mitnehmern *G* und dem Rande der Schale ausgespannt waren, zur erschütterungsfreien Übertragung vollkommen genügten.

2. Die Erschütterungen, die anfangs durch die Reibung an den Tragflächen der Schale entstanden, wurden durch gute Politur dieser Flächen beseitigt.

3. Ungenügende Nivellierung der Schale erzeugte eine Art von Gezeiten-Welle. Um diese zu beseitigen, mußte die Grundfläche der Schale genau senkrecht auf der Rotationsachse und letztere genau vertikal stehen. Um die optischen Eigenschaften der Quecksilberfläche zu studieren, befestigte der Verf. etwa 4 *m* über derselben eine Nernst-Lampe mit senkrechtem Stift, dessen Bild er beobachtete. Wurde das Auge in bekannter Weise an den Ort des Bildes gebracht, so waren alle Unregelmäßigkeiten der Oberfläche leicht zu erkennen. Auch photographische Aufnahmen des extrafokalen Bildes wurden ausgeführt. War die Nivellierung nicht genau richtig, so zeigte das Bild deutliche Koma.

4. Eine vierte Art der Störungen erklärte sich endlich aus Ungleichförmigkeiten in der Rotationsgeschwindigkeit; es entstanden auf diese Art sowohl große, von Punkten des Schalenrandes ausgehende Wellenzüge als auch Brennweitenänderungen des ganzen Spiegels.

Ein ausgezeichnetes Mittel zur Beruhigung der kleineren, von Erschütterungen herrührenden Wellen fand der Verf. in der Bedeckung des Quecksilbers mit einer Glyzerinschicht.

Mit einem auf diese Art hergestellten Quecksilberspiegel von 4,5 *m* Brennweite erhielt der Verf. ohne Anwendung der Glyzerindämpfung eben brauchbare Bilder von Sternen, die durch den Zenit des Beobachtungsortes gingen; Doppelsterne von 5″ Distanz konnten getrennt werden. Wenn auch eine solche Bildschärfe für astronomische Beobachtungen bei weitem noch nicht ausreichend ist, so verdient das von Wood erprobte Verfahren doch vielleicht Beachtung bei der ersten Formgebung von parabolischen Spiegeln mit sehr großem Öffnungsverhältnis. Man hätte nur das Quecksilberparaboloid mit einer leicht schmelzbaren und möglichst strukturlos und ohne Formänderung erstarrenden Masse (etwa Wachs) auszugießen, um eine reproduzierbare erste Form eines solchen Spiegels zu erhalten.

J. H.

Fernvergleichung von Chronometern oder Pendeluhren nach der Koinzidenz-Methode mittels radiotelegraphischer Signale.

Von A. Claude, Ferrié und L. Driencourt. *Compt. rend.* **150.** *S. 306. 1910.*

Albrecht hat 1904 und 1905 gezeigt, daß die Funkentelegraphie geeignet ist, die Drahttelegraphie zu ersetzen zur Zeichengebung bei Uhrvergleichungen auf größere Entfernungen, sei es für telegraphische Längenbestimmungen, sei es für Uhrenkontrolle. Er hat dabei die ankommenden Funkensignale mit dem Chronographen registriert. Die Verf. haben versucht, die Registrierung der Signale zu ersetzen durch Beobachtung von Koinzidenzen im Telephon, nach der Methode, die Guyou angegeben und 1906 zwischen Paris und Brest unter Benutzung der Telephonleitung erprobt hat (vgl. *diese Zeitschr.* **26.** *S. 308. 1906*). Zu dem Zweck mußten möglichst scharfe funkentelegraphische Signale in regelmäßigen Intervallen ausgesandt werden, die sich nur sehr wenig von den Intervallen der Schläge der zu vergleichenden Uhren unterschieden. Um dies zu erreichen, wurde ein elektromagnetisch angetriebenes Pendel auf etwa einem Viertel seiner Länge mit einem kurzen silbernen Querbalken versehen, der in der Ruhelage des Pendels zwei feststehende Ringe aus elastischem Silberdraht gerade berührt. Diese Ringe sind die Pole eines Stromkreises, in den das Relais, das die funkentelegraphischen Apparate betätigt, eingeschaltet ist. In der Ruhelage des Pendels wird also der Strom durch den Querbalken geschlossen und ein radiotelegraphischer Wellenzug ausgesandt. Schwingt das Pendel aus seiner Ruhelage heraus, so wird der eine der elastischen Ringe zusammengedrückt und, da die Berührung

des Querbalkens mit dem anderen Ringe aufhört, der Strom unterbrochen, wodurch auch die Abgabe elektrischer Wellen aufhört. Durch Mikrometerschrauben konnte die Stellung der Ringe so reguliert werden, daß bei jedem Durchgang des Pendels durch die Ruhelage nur ein einziger Funke entstand, wodurch ein sehr scharf begrenztes Signal gegeben wurde. Diese Signale wurden von der Station des Eiffel-Turms aus gesandt. Die Länge des Pendels war dabei so reguliert, daß es in 88 Sekunden einen Schlag mehr machte als die zu vergleichenden Chronometer.

Die Vergleiche wurden zwischen der Sternwarte in Paris und dem Observatorium Montsouris ausgeführt. An jedem dieser Orte befand sich eins der zu vergleichenden Chronometer, ferner eine radiotelegraphische Empfängerstation mit kleiner Antenne, um die Verhältnisse bei großen Distanzen möglichst nachzuahmen. Die elektrolytischen Empfänger waren derart abgeändert, daß man in dem Telephon nicht nur das Knacken der ankommenden Signale, sondern gleichzeitig auch die Schläge des auf der betreffenden Station befindlichen Chronometers hören konnte. Die Koinzidenzen der Chronometerschläge mit den funkentelegraphischen Signalen waren sehr scharf aufzufassen, da beide Arten von Schlägen im Telephon dieselbe Klangfarbe haben. Auf diese Weise wurden auf jeder der beiden Beobachtungs-Stationen die Koinzidenzen des Chronometers mit dem auf der Geberstation des Eiffel-Turms aufgestellten Pendel beobachtet und dadurch auch die Differenz der beiden Chronometer unter einander gefunden.

Vor und nach den radiotelegraphischen Vergleichen wurden die beiden Chronometer, von denen das eine nach Sternzeit, das andere nach mittlerer Zeit reguliert war, nach dem Guyouschen Verfahren unter Benutzung der Telephonleitung miteinander verglichen. Die Unterschiede „telephonisch minus radiotelegraphisch“ waren in Sek.

$-0{,}003$; $+0{,}002$; $-0{,}001$; $-0{,}009$; $-0{,}001$; $+0{,}005$; $+0{,}009$; $-0{,}002$; $-0{,}010$; $-0{,}008$,

womit der mittlere Unterschied sich auf $\pm 0{,}006$ Sek. stellt.

Diese kleinen Unterschiede beweisen, daß mittels dieser Methode sehr genaue Uhrvergleichungen und telegraphische Längenbestimmungen auf große Entfernungen ausgeführt werden können, sodaß sie für geodätische und kartographische Aufnahmen in fremden Ländern wohl geeignet ist. *E. Kohlschütter.*

Der barometrische Rechenschieber von G. Baumgart.

Nach dem Instrument.

Dieser, nach Angabe des Topographen bei der Kgl. Preußischen Landesaufnahme G. Baumgart, von Koch, Huxhold und Hannemann in Hamburg hergestellte Schieber (Preis 6 M.) ist nur ein Additionsinstrument, bestehend aus gleichförmiger Stabskale, etwas über 20 *cm* lang mit dem Intervall 1 *mm* und daran verschiebbarer doppelseitiger Zunge mit ebenfalls gleichförmigen Skalen, auf Vorder- und Rückseite je zwei, mit 11,0, 11,5, 12,0 und 12,5 bezeichnet. Mit diesen vier Werten der *barometrischen Höhenstufe*, und nur mit ihnen, kann man mit dem neuen Schieber rechnen. Die mit 11,0 und mit 12,0 bezeichneten Zungenskalen haben 1,10 und 1,20 *mm* lange Teile, auf den mit 11,5 und 12,5 bezeichneten sind die Teile 1,15 und 1,25 *mm* lang; die Zungenskale 11 hat im ganzen etwas über 140 solcher Teile, die Zungenskale 12,5 dementsprechend nur noch etwa 125. Die zwei Stabskalen oben und unten tragen von rechts nach links gehend die Bezifferung 0, 10, 20 ... 90, 0, 10, 20 ... 90, 0. Auf der Rückseite des Stabs ist eine graphische Tafel der Werte der barometrischen Höhenstufe für die Argumente: Barometerstand und Lufttemperatur aufgeklebt (von der Form der vom Ref. in *dieser Zeitschr.* ***16.*** *S. 164. 1896* angegebenen, wobei noch als zweites Transversalen-Isoplethensystem die Linien der Meereshöhen von 100 zu 100 *m* bei normalem Barometerstand durchgezogen sind). Auf dieser graphischen Tabelle ist nun vor allem für einen bestimmten Fall, d. h. Barometerstand b und Lufttemperatur t die nächstgelegene Halbmeter-Höhenstufe aufzusuchen, womit festgestellt ist, welche Zungenskale in Betracht kommt; diese wird dann mit den Barometerstandszahlen in Bleistift versehen, von links nach rechts

steigend und jeder einzelne Teil 0,1 *mm* Barometerdifferenz entsprechend, wobei es genügt, an die längern Teilstriche die ganzen *mm* in *b* anzuschreiben. Die zu den einzelnen Barometerablesungen gehörigen Höhen lassen sich dann an der Stabskale ohne weiteres ablesen.

Einzuwenden ist, daß die für die Rechnung verwendbaren Höhenstufenwerte zu weit auseinanderliegen. Was nützt die Möglichkeit der Ablesung der N. N.-Höhen auf 1 *dm*, auf die der Prospekt hinweist, wenn das berechnete Meter falsch ist? Die Druckdifferenz 10 *mm* gibt bei der barometrischen Höhenstufe 11 *m* den Höhenunterschied 110 *m*, bei 11,5 *m* aber 115 *m*; nun ist ja richtig, daß der Maximalfehler nur der *halben* Differenz zwischen den Höhenstufenwerten entspricht, aber auch 2,5 *m* als Maximalfehler ist in dem angeführten Beispiel noch viel zu groß. Er ließe sich dadurch auf weniger als die Hälfte herabbringen, daß *zwei* Zungen mit den Stufenwerten 11,0, 11,2, 11,4 11,6; 11,8, 12,0, 12,2, 12,4 oder gar drei beigegeben würden, wobei dann freilich die Aussuchung der richtigen Zunge wieder aufhält.

Jedenfalls ist die Anwendung des Schiebers, so wie er ist, auf den Fall zu beschränken, daß im Aufnahmegebiet bereits ein Netz von Höhenpunkten vorhanden ist, sodaß *häufig* angeschlossen werden kann, wobei zu beachten ist, daß immer auch auf Punkten größter und kleinster N. N.-Höhe angeschlossen wird. In diesem Fall können die Anschlußfehler, die beim Gebrauch dieses Schiebers nicht allein der Messung, sondern auch der unscharfen Rechnung zur Last fallen, *nach Anblick* der provisorischen Zahlen einfach und zweckmäßig verteilt werden. Aber mit dieser Notwendigkeit ist eigentlich der größte Teil des Nutzens des Schiebers wieder illusorisch.

Als nennenswerter Fortschritt in der Technik der Berechnung barometrisch gemessener Höhenunterschiede wird der Schieber nicht von allen Seiten angesehen werden.

Hammer.

Über einen Komparator zur Messung der Differenz zweier Maßstäbe in Wellenlängen, sowie die Herstellung feiner Maßstabstriche.

Von A. E. H. Tutton. *Phil. Trans. Roy. Soc. London* ***210.*** *S. 1. 1909.*

Der beschriebene Komparator ist ein Transversalkomparator nach dem Prinzip der feststehenden Mikroskope. Die zu vergleichenden Maßstäbe können indessen nicht nur transversal, sondern auch bis zu einem gewissen Betrage longitudinal verschoben werden, sodaß es möglich ist, die Striche auf der einen, etwa der linken, Seite durch Feineinstellungen nacheinander für beide Stäbe zwischen das Fadenpaar des feststehenden linken Mikroskops einzujustieren.

Das Mikroskop der rechten Seite ist nicht fest montiert, sondern auf einem Schlitten in Richtung der Verbindungslinie beider Mikroskope fein verschiebbar. Es trägt eine vertikal und senkrecht zur Verbindungslinie der Mikroskope angeordnete ebene Glasplatte, welcher gegenüber eine zweite ebensolche Platte fest montiert ist. Beide Platten sind einander nahezu, aber nicht völlig parallel; bei Beleuchtung mit monochromatischem Licht beobachtet man daher Fizeausche Interferenzstreifen, welche sich verschieben, wenn das die bewegliche Platte tragende Mikroskop nach Einstellung auf den rechtsseitigen Strich des einen Maßstabes auf den rechtsseitigen Strich des anderen Maßstabes verschoben wird. Die Zahl der hierbei durchgewanderten Interferenzstreifen, multipliziert mit der halben Wellenlänge des benutzten Lichtes, gibt dann, abgesehen von einer von der Dichte der zwischen den Platten befindlichen Luft abhängigen Korrektion, den Lageunterschied der beiden rechtsseitigen Maßstabstriche und somit, da die linksseitigen Striche von vornherein auf gleiche Lage einjustiert sind, den Längenunterschied der beiden Maßstäbe.

Um die durch die Methode ermöglichte große Meßgenauigkeit auszunutzen, hat Verf. Versuche gemacht, die jetzt gebräuchlichen Maßstabstriche, welche eine verhältnismäßig große Breite haben — beispielsweise bei dem englischen Platin-Iridium-Yard 15 halbe Wellenlängen der roten Wasserstofflinie, das sind etwa 5 μ, — durch feinere Striche zu ersetzen. Besonders wurde er hierin befriedigt durch die Striche der von H. J. Grayson in

Melbourne hergestellten Gitter, welchen er zur Vornahme entsprechender Versuche veranlaßte. Als Untergrund für die Teilung bewährte sich am besten ein Spiegelmetall. An Stelle eines einzelnen Striches wurde jedesmal eine Gruppe von 5 Strichen in einem solchen Abstand voneinander hergestellt, wie er dem Strichabstand bei einem Gitter mit 40000 Strichen pro Zoll entspricht; der mittlere der 5 Striche soll die Lage der Strichgruppe definieren. Wegen der außerordentlichen Feinheit der Striche ist dann noch die Anbringung von Orientierungsstrichen zu beiden Seiten der Strichgruppe notwendig.

Von Grayson wurde eine Reihe solcher Strichgruppen auf kleine quadratische Platten geteilt, die bestimmt waren, in Maßstäbe eingesetzt zu werden; außerdem wurde aber auch eine 34 *mm* lange Platte mit solchen Strichgruppen in Abständen 0, $^1/_{32}$, $^1/_{16}$, $^1/_8$, $^1/_4$, $^1/_2$ und 1 Zoll versehen. Um längere Teilungen auszuführen fehlen z. Z. noch die Hülfsmittel.

Schl.

Ein von Kugelflächen begrenztes Prisma für spektroskopische Zwecke.

Von C. Féry. *Compt. rend.* **150.** *S. 216. 1910.*

Das neue „Prisma“ ist ein sphärischer Hohlspiegel mit nicht konzentrischen Kugelflächen, von denen die konvexe versilbert ist. Ein von einem bestimmten Punkte von der konkaven Seite her einfallendes einfarbiges Strahlenbüschel wird an dieser beim Eintritt so gebrochen, daß es an der konvexen Seite senkrecht reflektiert wird und zu seinem Ausgangspunkte zurückkehrt. Das Prisma bildet also zusammen mit einem an der richtigen Stelle angeordneten Spalte ein vollständiges Autokollimationsspektroskop, denn beiderseits neben dem soeben betrachteten einfarbigen Spaltbilde werden Spaltbilder von Strahlen anderer Wellenlänge erzeugt.

Dem Ref. vorliegende Papierkopien zweier Spektrogramme des Effekt-Kohlen- und des Eisen-Bogens weisen eine in allen Teilen anscheinend gleichmäßige Schärfe auf.

Über den Öffnungswinkel des Strahlenbüschels ist allerdings nichts mitgeteilt, jedoch ist das neue Prisma, selbst wenn es wegen der Abbildungsfehler nur mit kleinen Öffnungsverhältnissen ausgeführt werden könnte, eine interessante Bereicherung der Konstruktionselemente in der Spektroskopie.

Lö.

Wechselstrommaschine für die Frequenz 100000.

Von E. F. W. Alexanderson. *Proc. Amer. Instit. of Electr. Engin.* **28.** *S. 655. 1909.*

Der Verf. hat eine Hochfrequenzmaschine nach dem Typ der Wechselstromsirenen konstruiert. Die feststehende Ankerwicklung liegt in radialen Nuten zu beiden Seiten einer gezahnten, sich drehenden Scheibe. Die Scheibe, aus Chromnickelstahl, hat 300 radiale Zähne, deren Lücken mit unmagnetischem Material ausgefüllt sind, um den Luftwiderstand zu verringern und das Pfeifen beim Laufen zu verhüten. Da die Umdrehungszahl 20000 pro Minute betrug, war eine sorgfältige Achsenkonstruktion erforderlich. Die Achse war biegsam, ähnlich wie bei einigen Dampfturbinen-Konstruktionen; da aber bei den Tourenzahlen 1700 und 9000 starke Erschütterungen und Verbiegungen auftraten, so mußten noch zwei Hülfslager angewandt werden. Die Maschine, welche bei den höchsten Tourenzahlen sehr ruhig laufen soll, gab 2,1 Kilowatt an Leistung her; Duddell hatte früher (vgl. *diese Zeitschr.* **26.** *S. 131. 1906*) ebenfalls eine Frequenz von 120000 erreicht, aber bei sehr geringer Leistung.

E. O.

Magnetische Messungen.

Von E. Gehrcke und M. v. Wogau. *Verhandl. d. Deutsch. Physikal. Gesellsch.* **11.** *S. 664. 1909.*

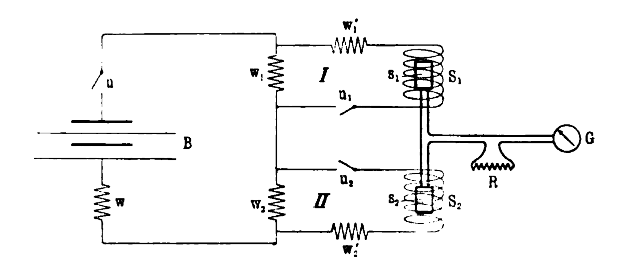
Die Lösung gewisser physikalischer Aufgaben hängt von der möglichst genauen Bestimmung eines magnetischen Feldes ab. Diese wird meist so ausgeführt, daß man eine mit einem ballistischen Galvanometer verbundene Probespule von bekannter Windungsfläche aus dem zu untersuchenden Felde rasch herauszieht, oder, wenn es sich um das Feld einer Magnetisierungsspule handelt, daß man die Probespule im Innern der letzteren befestigt und

plötzlich das Feld durch Schließen des Stromes J erregt o. dgl. Bezeichnet dann α den entstehenden Galvanometerausschlag, $\mathfrak{H}$ die Feldstärke bei der Stromstärke 1, so ist

$$\alpha \sim f \cdot \mathfrak{H} \cdot J.$$

Die Verf. haben sich bei ihren in der Physik.-Techn. Reichsanstalt ausgeführten Untersuchungen mit Erfolg bemüht, diese Messungen, soweit nur die relative Vergleichung von zwei Feldstärken oder von den Windungsflächen zweier Sekundärspulen in Betracht kommt, möglichst zu verfeinern; beistehende Figur gibt eine schematische Darstellung der Versuchsanordnung.

Die Batterie B ist über den Regulierwiderstand w und die beiden Abzweigwiderstände w_1 und w_2 geschlossen; von letzteren zweigen zwei Stromzweige I und II ab, welche außer den Regulierwiderständen w_1' nud w_2' die beiden Primärspulen S_1 und S_2 enthalten. Mittels der Stromschlüssel u, u_1 und u_2 läßt sich sowohl der Gesamtstrom als auch jeder der Teilströme gesondert öffnen und schließen. In den Spulen S_1 und S_2 befinden sich die Sekundärspulen s_1 und s_2, welche über einen Regulierwiderstand R mit dem ballistischen Galvanometer G verbunden sind. Läßt man nun entweder u_1 oder u_2 geschlossen, so erhält man beim Schließen bezw. Öffnen von u einen von s_1 oder von s_2 herrührenden Ausschlag α_1 bezw. α_2 des Galvanometers, für welchen entsprechend der obigen Bezeichnung gilt: $\alpha_1 \sim f_1 \mathfrak{H}_1 J_1$; $\alpha_2 \sim f_2 \mathfrak{H}_2 J_2$; somit ist



$$\frac{\mathfrak{H}_1}{\mathfrak{H}_2} = \frac{\alpha_1 J_2 \cdot f_2}{\alpha_2 J_1 \cdot f_1}.$$

Durch geeignete Wahl der Abzweig- und Regulierwiderstände läßt sich stets J_1 und J_2 so wählen, daß $\alpha_1 = \alpha_2$ wird, wodurch manche Fehlerquellen fortfallen. Kennt man nun das Verhältnis f_2/f_1 der beiden Windungsflächen genau, was, wie später gezeigt wird, leicht zu erreichen ist, so ist das Verhältnis der zu vergleichenden Feldstärken zurückgeführt auf die Bestimmung des Verhältnisses $\frac{\alpha_1 J_2}{\alpha_2 J_1}$. Die Stromstärken J kann man mittels des Kompensationsapparates genau messen, nicht aber die Ausschläge α, welche praktisch einige hundert Skalenteile nicht überschreiten können. Man wird sich somit aus diesem Grunde, wie sich leicht übersehen läßt, und wie auch die Verf. experimentell festgestellt haben, mit etwa 0,1% Genauigkeit begnügen müssen. Sehr viel empfindlicher wird nun die Methode, wenn man nicht die einzelnen Ausschläge α wirklich mißt, sondern wenn man die beiden Sekundärspulen gegen einander schaltet, sodaß überhaupt kein Ausschlag zustande kommt. Man kann dann ohne Schädigung des Galvanometers viel stärkere Stromstöße verwenden und erzielt dadurch unter Ausnützung der vollen Leistungsfähigkeit eines hochempfindlichen Galvanometers sowie unter Berücksichtigung einiger noch näher zu besprechender Vorsichtsmaßregeln etwa die zehnfache Genauigkeit, also etwa 0,01%.

Auf diesem Wege gelingt es nun auch, die Windungsflächen von zwei Sekundärspulen mittels zweier beliebiger Primärspulen mit großer Genauigkeit zu messen. Zunächst möge, wie die Figur zeigt, s_1 in S_1 und s_2 in S_2 liegen. Bleibt dann das Galvanometer beim Öffnen oder Schließen von u (Primärstrom) in Ruhe, so gilt

$$\mathfrak{H}_1 J_1 f_1 = \mathfrak{H}_2 J_2 f_2.$$

Nun bringt man s_1 in S_2, s_2 in S_1 und reguliert die Ströme J_1' in S_1 und J_2' in S_2 wieder so, daß beim Öffnen von u kein Galvanometerausschlag erfolgt; dann ist

$$\mathfrak{H}_1 J_1' f_2 = \mathfrak{H}_2 J_2' f_1.$$

Aus beiden Gleichungen folgt

$$\frac{f_1}{f_2} = \sqrt{\frac{J_2 J_1'}{J_1 J_2'}}.$$

Man erzielt auf diese Weise, da es im wesentlichen nur auf eine genaue relative Strommessung ankommt, bei der Vergleichung der beiden Windungsflächen eine Genauigkeit von weniger als 0,01%.

Hierbei ist allerdings noch eine Reihe von Vorsichtsmaßregeln zu beachten. Die Verf. verwendeten — auch bei den Versuchen mit Einzelausschlägen — ein hochempfindliches Panzergalvanometer nach du Bois-Rubens. Dasselbe läßt sich jedoch ballistisch nur dann benutzen, wenn kein Momentanwert des Stromstoßes in der Galvanometerspule so stark ist, daß er eine merkliche magnetisierende Wirkung auf den Panzer ausübt, da sonst der Nullpunkt des Instruments sich dauernd ändert. Der Stromstoß muß also relativ langsam verlaufen, was sich durch eine Vergrößerung der Selbstinduktion in den abgezweigten Stromkreisen erreichen läßt. Andrerseits aber soll doch, wie bei allen ballistischen Messungen, der Stromstoß noch so rasch ablaufen, daß nach Beendigung desselben das Galvanometer sich noch nicht merklich aus der Ruhelage herausbewegt hat. Beide Bedingungen lassen sich durch geeignete Wahl des Verhältnisses L/W der Selbstinduktion zum Widerstand, der sogenannten „Zeitkonstante“, erfüllen, und zwar hat man dafür zu sorgen, daß diese in den beiden Stromkreisen I und II möglichst übereinstimmt, da sonst die beiden im Galvanometerkreis induzierten, gleich großen und entgegengesetzt gerichteten Elektrizitätsmengen ungleichmäßig ablaufen und das Galvanometer nicht vollständig zur Ruhe kommen lassen. Erschwert wird diese Aufgabe noch durch den Einfluß des variablen Funkenwiderstandes beim Unterbrecher u; man muß demselben durch passende Wahl der Widerstände und gegebenenfalls durch hinzugefügte Selbstinduktionen möglichst Rechnung zu tragen suchen. Auch erwies es sich als zweckmäßig, die Konstanz des Hauptstromes in bekannter Weise dadurch zu sichern, daß man die Batterie stets geschlossen läßt, indem man sie mittels eines doppelpoligen Umschalters sofort auf einen anderen Widerstand schaltet, der dieselbe Größe hat wie derjenige der gesamten Anordnung. Sodann muß der Sekundärkreis außerordentlich gut isoliert sein, und schließlich dürfen die Wirkungen auf das Galvanometer nur von den Spulen s_1 und s_2, nicht aber von Schleifen in der Zuleitung u. s. w. herrühren; die Wirkungen der letzteren müssen noch gesondert bestimmt und mittels einer in den Galvanometerkreis eingeschalteten Hülfsspule kompensiert werden.

Die Verf. untersuchten nach dieser Methode die Feldverteilung innerhalb mehrerer gewöhnlicher zylindrischer Magnetisierungsspulen sowie längs einer nach Angabe von Helmholtz gewickelten konischen Spule. Bei der letzteren betrugen die Abweichungen auf 15 *cm* Länge nur 0,1%, auf 6 *cm* Länge sogar nur etwa 0,01%. *Glch.*

Bücherbesprechungen.

G. Krüß u. H. Krüß, Kolorimetrie und quantitative Spektralanalyse. 8°. XII, 284 S. m. Fig. Hamburg u. Leipzig, L. Voß 1909. 8 M.

Das 1890 erschienene Buch über „Kolorimetrie und quantitative Spektralanalyse in ihrer Anwendung in der Chemie“ (besprochen in *dieser Zeitschr.* **12.** *S. 289. 1892*) hat im vorliegenden Werke eine Neubearbeitung gefunden.

Die *Gesetze der Lichtabsorption* werden an verschiedenen Stellen des Buches (*S. 4 u. 5, 24—31, 65—72, 100—114, 172—177, 184—208, 249—254*) behandelt. Die Bunsensche Definitionsgleichung $J' = J \cdot 10^{-\varepsilon d}$ für den Extinktionskoeffizienten ε kommt in dem ganzen Buche nicht vor (J eintretende, J' austretende Lichtmenge, d durchstrahlte Schichtdicke in *cm*). Die Verf. geben zwar auch ε an (unter der Bezeichnung e), gelangen aber auf unnötigen Umwegen zur Definition von ε. Man pflegt $\varepsilon = A \cdot c$ zu setzen, worin A den molekularen Extinktionskoeffizienten, c die Konzentration (Mol im Liter) bedeutet; die Verf. geben den reziproken Wert des molekularen Extinktionskoeffizienten, also c/ε an; c wird in g/cm^3 bestimmt. Bei vielen Lösungen ist A eine von der Konzentration unabhängige Konstante. Kennt man A, so kann man $c_x = \varepsilon/A$ berechnen, nachdem man ε für eine Lösung von der unbekannten

Konzentration c bestimmt hat. Dies Prinzip aller kolorimetrischen und spektralphotometrischen Methoden wird in dem Buche möglichst leichtverständlich dargestellt. Auch auf die Fälle gehen die Verf. ein (*S. 189 u. 190*), in denen A nicht konstant ist; es wird nicht klar hervorgehoben, daß auch bei dissoziierten Lösungen (wie z. B. Kupfersulfatlösungen) A konstant sein kann, wenn nämlich das Molekül ($CuSO_4$) in ein mit dem Molekül gleichgefärbtes Ion (Cu) und ein ungefärbtes Ion (SO_4) zerfällt.

Beobachtungen über Lichtabsorption lassen sich auf sehr verschiedene Weise anstellen. Die Verf. beschreiben zunächst einfache Verfahren ohne besondere optische Hülfsmittel; hier hätten wohl die überaus wichtigen Titriermethoden erwähnt werden können, bei welchen auf Farblosigkeit einer Lösung eingestellt wird. Sodann wenden sich die Verf. zur Beschreibung der sog. Kolorimeter. Man vergleicht zwei Lösungen *1* und *2* desselben Farbstoffes miteinander und ändert die Konzentration c_1 oder die Schichtdicke d_1 der einen Lösung so lange, bis eine weiße Fläche durch beide Schichten hindurch gleich hell und gleich gefärbt erscheint. Sind J die Lichtmengen, welche in die Schichten eintreten, so wird für *1* gelten $J_1' = J \cdot 10^{-A c_1 d_1}$; für *2* gilt $J_2' = J \cdot 10^{-A c_2 d_2}$. Ist $c_1 d_1 = c_2 d_2$, d. h. verhalten sich die Konzentrationen umgekehrt wie die Schichtdicken, so ist für Licht aller Wellenlängen $J_1' = J_2'$, die Gesichtsfelder sind gleich hell und gleich gefärbt. Dies Prinzip hätte wohl etwas schärfer herausgearbeitet werden können und hätte nicht durch die breite Darstellung des Krüßschen Polarisationskolorimeters verdunkelt werden dürfen. Letzteres hat nach Ansicht des Ref. nur Sinn als Kolorimeter mit einer bestimmten Vergleichsvorrichtung. Eine Lichtschwächungsvorrichtung, wie es die drehbaren Nicols des Polarisationskolorimeters sind, ist nur brauchbar, wenn entweder Licht einer Wellenlänge benutzt wird, oder wenn die zu untersuchende Substanz alle Wellenlängen praktisch gleich schwächt (Schwärzungsmesser für photographische Platten).

Gegen Polarisationsphotometer mit spektraler Zerlegung des Lichtes haben die Verf. eine gewisse Abneigung, obwohl diese Apparate, insbesondere das Königsche Spektralphotometer, nach Ansicht des Ref. zurzeit die für Absorptionsmessungen am besten geeigneten Apparate sind. Die Verf. empfehlen aufs wärmste die Doppelspaltmethode und glauben dieselbe einwandfrei gestaltet zu haben, im wesentlichen durch Anwendung bilateraler Spalte. Die schlimmste Fehlerquelle bei Spektralphotometern bilden nach Erfahrung des Ref. Reflexe innerhalb des Spektralapparates; dieser Umstand hätte bei den Konstruktionen der Verf. wohl etwas mehr Berücksichtigung finden müssen.

Etwas stiefmütterlich sind alle Fragen der Beleuchtung behandelt. Z. B. über die von Grünbaum mit bestem Erfolge durchgeführte Benutzung von homogenen Lichtquellen findet sich nur folgender Satz: „Es ist selbstverständlich nicht zu bestreiten, daß die Spektrophotometrie theoretisch auf der Benutzung absolut homogenen Lichtes beruht, s. Martens und Grünbaum."

Den wertvollsten Teil des Buches bilden nach Ansicht des Ref. die *Anwendungsgebiete der Absorptionsanalyse* (*S. 3—6, 72—96, 209—248, 254—269*). Hier wird der Praktiker finden, was er zur Lösung bestimmter Aufgaben bedarf. Das Zahlenmaterial freilich ist nicht immer einwandfrei. Betrachten wir z. B. die auf *S. 217* und *218* für Kaliummonochromat ($KCrO_4$) angegebenen Beobachtungsdaten nach Vierordt. Ref. hat die Tabelle in folgender Weise umgerechnet:

	Spektralregion	Extinktionskoeffizient ε	Konzentration c	
Vierordt . . .	$B_{22}C - C_{15}D$	0,0044	0,0361 g/cm^3	$\frac{c}{\varepsilon} = 8{,}11$
Ref.	680 — 646 $\mu\mu$	0,0044	0,1855 Mol/l	$\frac{\varepsilon}{c} = 0{,}0238$

Für die mittlere Wellenlänge von etwa 663 $\mu\mu$ soll also nach Vierordt der molekulare Extinktionskoeffizient $A = \varepsilon/c = 0{,}0238$ sein. Ermittelt man für die nachstehenden Wellen-

längen graphisch die Vierordtschen Werte für A und stellt sie mit den Grünbaumschen zusammen, so erkennt man, daß entweder die Vierordtschen oder die Grünbaumschen Zahlen wertlos sind.

Wellenlänge	480	492	501	508	526	537 $\mu\mu$
Vierordt	24	4,4	2,2	1,6	0,37	0,26
Grünbaum . . .	12,8	4,46	1,77	0,668	0,153	0,0146

Nach Ansicht des Ref. sind es die Vierordtschen.

Trotz der erwähnten Mängel möchte Ref. das Buch Interessenten warm empfehlen. Es ist das einzige, in welchem die Anwendungen der Lichtabsorptionsanalyse leicht verständlich zusammengestellt sind. Wohltuend für den Leser ist auch die vornehme Art, mit welcher die Verf. Methoden, die sie für wenig geeigneter halten, besprechen.

Ms.

Neu erschienene Bücher.

J. Raibaud, *Instruments optiques d'observation et de mesure.* 8°. 400 S. m. 144 Fig. Paris 1909. Geb. in Leinw. 4,20 M.

Minerva, Jahrbuch der gelehrten Welt. Begründet v. Dr. K. Trübner. 19. Jahrg. 1909—1910. kl. 8°. LVIII, 1512 S. m. 1 Bildnis. Straßburg, K. J. Trübner 1910. 16 M.; geb. in Halbperg. 17 M.

A. Föppl, Vorlesungen üb. technische Mechanik. In 6 Bdn. 6. (Schluß-) Bd.: Die wichtigsten Lehren der höheren Dynamik. 8°. XII, 490 S. m. 30 Abbildgn. Leipzig, B. G. Teubner 1910. Geb. in Leinw. 12 M.

H. u. W. Biltz, *Laboratory Methods of Inorganic Chemistry.* 8°. London 1909. Geb. in Leinw. 12,80 M.

A. Schuster, *Introduction to the Theory of Optics.* 2. Aufl. 8°. 368 S. m. Fig. London 1909. Geb. in Leinw. 15,50 M.

D. Sidersky, *Le Réfractomètre et ses applications pratiques.* 8°. 172 S. m. 39 Fig. Paris 1909. 2 M.

J. Bojko, Neue Tafel der Viertelquadrate aller natürlichen Zahlen von 1—20000 zur Bildung aller möglichen Produkte im Bereiche 1×1 bis 10000×10000. gr. 8°. 212 u. 20 S. Zürich, E. Speidel 1909. 1,50 M.

A. Gramberg, Technische Messungen bei Maschinenuntersuchungen und im Betriebe. Zum Gebrauch im Maschinenlaboratorium und in der Praxis. 2., umgearb. Aufl. gr. 8°. XII, 312 S m. 223 Fig. Berlin, J. Springer 1910. Geb. in Leinw. 8 M.

P. J. E. Goedseels, *Théorie des Erreurs d'Observations.* 8°. 113 S. Paris 1909. 2,50 M.

G. Tallent, *Histoire du Système métrique.* 12°. 175 S. m. 33 Fig. Geb. 2,20 M.

H. Pécheux, *Le Pyromètre thermo-électrique pour la mesure des températures élevées.* 8°. 124 S. m. 28 Fig. Paris 1909. 2 M.

C. Flammarion, *Annuaire astronomique et météorologique pour 1910. Année 46.* 8°. Mit Karten u. Figuren. Paris 1909. 1,50 M.

J. M. Pernter, Meteorologische Optik. Teil IV, bearb. v. F. Exner. gr. 8°. S. VII u. S. 559 bis 799 m. 26 Fig. Wien 1910. 10 M.

Das jetzt vollständige Werk, 4 Teile, 1901—1910. 816 S. m. 6 Taf. u. 224 Fig. 25 M.

G. Bauer, Vorlesungen über Algebra. Hrsg. vom mathemat. Verein München. Mit dem Bildnis Gust. Bauers als Titelbild u. 11 Fig. im Text. 2. Aufl. Lex. 8°. VI, 366 S. Leipzig, B. G. Teubner 1910. 11 M.; geb. 12 M.

E. W. Maunder, *Astronomy of the Bible.* 12°. Mit Fig. New York 1909. Geb. in Leinw. 6 M.

W. S. Franklin, *Electric Waves.* 8°. Mit Fig. London 1909. Geb. in Leinw. 10 M.

Verlag von Julius Springer in Berlin N. — Universitäts-Buchdruckerei von Gustav Schade (Otto Francke) in Berlin N.

Zeitschrift für Instrumentenkunde.

Kuratorium:

Geh. Reg.-Rat Prof. Dr. **F. R. Helmert**, Vorsitzender, Prof. Dr. **A. Raps**, geschäftsführendes Mitglied, Dr. **H. Krüss**, Prof. Dr. **R. Straubel**.

Redaktion: Geh. Reg.-Rat Prof. Dr. **St. Lindeck** in Charlottenburg-Berlin.

XXX. Jahrgang. **Juni 1910.** Sechstes Heft.

Ein neuer Meßapparat für Spektren mit Registrier-Einrichtung von O. Toepfer & Sohn.

Von

Prof. **O. Lohse** in Potsdam.

Die mechanische Werkstatt von O. Toepfer & Sohn in Potsdam hat für das Astrophysikalische Observatorium bei Potsdam kürzlich einen großen Meßapparat gebaut, der zwar in ähnlichen Dimensionen vor Jahresfrist schon zweimal nach Amerika an die Hrn. Hale in Pasadena und King in Ottawa geliefert worden ist, der aber in seiner dritten Konstruktion mancherlei neue Einrichtungen enthält, die eine Beschreibung rechtfertigen. Die aus Siemens-Martin-Stahl gefertigte Schraube *S* (Fig. 1) hat einen Durchmesser von 25 *mm* und eine geschnittene nutzbare Länge von 300 *mm* mit einer Ganghöhe von 0,5 *mm*. Für die Mutter wird gewöhnlich von der Firma Toepfer ein Material verwendet, welches etwas härter ist als die Schraubenspindel, und zwar aus dem Grunde, um bei der Benutzung eine Abschleifung der Gänge möglichst zu vermeiden und den Angriff lieber gegen die Mutter zu richten. Da aber Rowland bei seinen Gitterteilmaschinen das entgegengesetzte Prinzip befolgt hat und die Schraubengänge der Mutter sogar auf der Hirnseite von Pockholz herstellte, so gab ich Veranlassung zur Herstellung von drei Muttern, aus Holz, Weißmetall und Stahl, die im Austausch benutzt werden können, um zu ergründen, welches Material wohl das beste wäre. Vorläufig kann ich nur über das Weißmetall berichten, da die Mutter aus dieser Legierung auf meinen Wunsch zuerst eingesetzt wurde.

Ich habe nach definitiver Lieferung des Apparates die periodischen Fehler der Schraube an drei Stellen bestimmt, nämlich bei den mittleren Gängen 450, 300 und 150. Da die Mutter eine Länge von 55 *mm* besitzt, so sind stets 110 Schraubengänge im Eingriff, und die gefundenen Fehler sowie die daraus abgeleiteten Korrektionen können wohl für die Gänge 95 bis 205, 245 bis 355 und 395 bis 505 als gültig angesehen werden.

Zur Bestimmung der fraglichen Fehler habe ich eine Vergrößerung des Mikroskops von 160 angewandt, um die kleinen Fehler mit einiger Sicherheit finden zu können. Als Okular diente dabei eine monozentrische Lupe, die ein scharfes Bild von dem Doppelfaden und den in Glas gravierten Strichen, die ein Intervall von 0,5 *mm* hatten, entwarf[1]).

Die Messung geschah so, daß bei den Stellungen $\overset{R}{0{,}0}$, $\overset{R}{0{,}1}$, $\overset{R}{0{,}2}\ldots\overset{R}{0{,}9}$ der Trommel je 3 Einstellungen auf die beiden Striche des Objekts ausgeführt wurden, was infolge der Einrichtungen des Apparates, besonders mit Hülfe der später zu beschreibenden Registrier-Vorrichtung, bequem und schnell erledigt wurde.

[1]) *Publ. d. Astrophys. Observ. z. Potsdam* **12.** *Nr. 41. S. 121 (Anmerkg.). 1902.*

Ich untersuchte zuerst die Gegend der Schraube, welche sich in der Nähe der rechts befindlichen Trommel befand, also bei Gang 450, und ließ die anderen beiden Stellungen folgen. Diese Anordnung habe ich im folgenden beibehalten, da es sich herausstellte, daß die periodischen Fehler in der Nähe der Trommel noch am deutlichsten und regelmäßigsten auftraten, während sie in der Mitte der Spindel durch vorsichtiges Schleifen mit der in Gebrauch kommenden Mutter aus Weißmetall fast vollständig beseitigt worden waren.

Aus sämtlichen mittleren Einstellungen von $\overset{R}{0{,}0}$ bis $\overset{R}{0{,}9}$ wurde das Mittel gebildet, und so sind die Abweichungen Δ der folgenden Zusammenstellung gefunden:

Gang	450 ± 55	300 ± 55	150 ± 55
	R	R	R
	0,4989	0,5001	0,4992
	Δ	Δ	Δ
R	R	R	R
0,0	+ 0,0013	+ 0,0005	− 0,0016
0,1	+ 0,0013	+ 0,0007	− 0,0008
0,2	+ 0,0005	+ 0,0007	+ 0,0010
0,3	− 0,0009	− 0,0005	+ 0,0004
0,4	− 0,0015	− 0,0001	+ 0,0004
0,5	− 0,0019	− 0,0005	+ 0,0014
0,6	− 0,0015	− 0,0005	+ 0,0004
0,7	− 0,0003	− 0,0011	− 0,0002
0,8	+ 0,0005	− 0,0001	− 0,0002
0,9	+ 0,0021	+ 0,0005	− 0,0006

Die Δ in der ersten Reihe bei dem Gang 450 geben graphisch dargestellt trotz ihrer Kleinheit eine regelmäßige Sinus-Kurve, als Kennzeichen eines normalen Verlaufs der periodischen Fehler. Ich erwähne dies besonders, weil eine andere, unter weniger günstigen Verhältnissen, bei künstlichem Lichte ausgeführte Messungsreihe etwas größere und nicht so schön verlaufende Δ ergab. In der Mitte der Schraube bei Gang 300 sind die Fehler fast ganz beseitigt, wenn die kleinen Reste auch immer noch dasselbe Vorzeichen wie bei 450 haben. Bei Gang 150 sind die Δ auch sehr klein; ihre graphische Darstellung folgt aber nicht mehr der ersten Sinus-Kurve, die Amplitude hat sich beträchtlich verschoben. Die Maximal-Abweichung in allen drei Reihen beträgt $+\overset{R}{0{,}0021}$, was bei der Ganghöhe der Schraube etwa einem Mikron gleichkommt.

In der Mitte der Spindel beträgt die Abweichung nur etwa $^1/_2$ Mikron; die an den einzelnen Schraubenablesungen anzubringenden Korrektionen würden daher höchstens $\pm\overset{R}{0{,}0005}$ oder $^1/_4$ Mikron erreichen und in den meisten Fällen zu vernachlässigen sein.

Nach diesen Messungsresultaten darf man wohl behaupten, daß die Schraube bereits von hervorragender Güte ist. Durch Schleifen mit einer längeren Mutter, wie es Hr. Toepfer beabsichtigt, werden auch die Fehler noch weiter verringert und auf der ganzen Länge der Spindel gleichartiger gestaltet werden können.

Die Mutter aus Weißmetall hat sich den Gängen der Schraube gut angepaßt und zur Entstehung besonderer Fehler keine Veranlassung gegeben. Da übrigens die periodischen Fehler an verschiedenen Stellen der Spindel noch ungleich sind, so darf man folgern, daß sie den Schraubengängen selbst eigen und z. B. nicht durch die Lagerung der Spindel hervorgerufen sind.

Diese Lagerung ist so bewirkt worden, daß die Schraubenspindel in der Nähe der Trommel auf eine lange Strecke fast zylindrisch (schwach konisch) geführt wird, während am anderen Ende eine angedrehte gehärtete Kugel von etwa 5 *mm* Durchmesser, unter Wirkung eines Gewichtes, an einer plangeschliffenen gehärteten Fläche anliegt. Die kleine Kugel wurde bereits beim Schneiden der Schraube auf der Leitspindelbank verwendet.

Es muß hier hervorgehoben werden, daß das durch die verschiedenen Trommeln etwas stark belastete rechte Ende der Spindel von dem Lager *L* aus mit dem langen freien Ende links, so gut es ging, ausbalanciert worden ist, sodaß das zwanglose Anliegen der Kugel an dem planen Widerlager *W* gewährleistet ist. Aus diesem

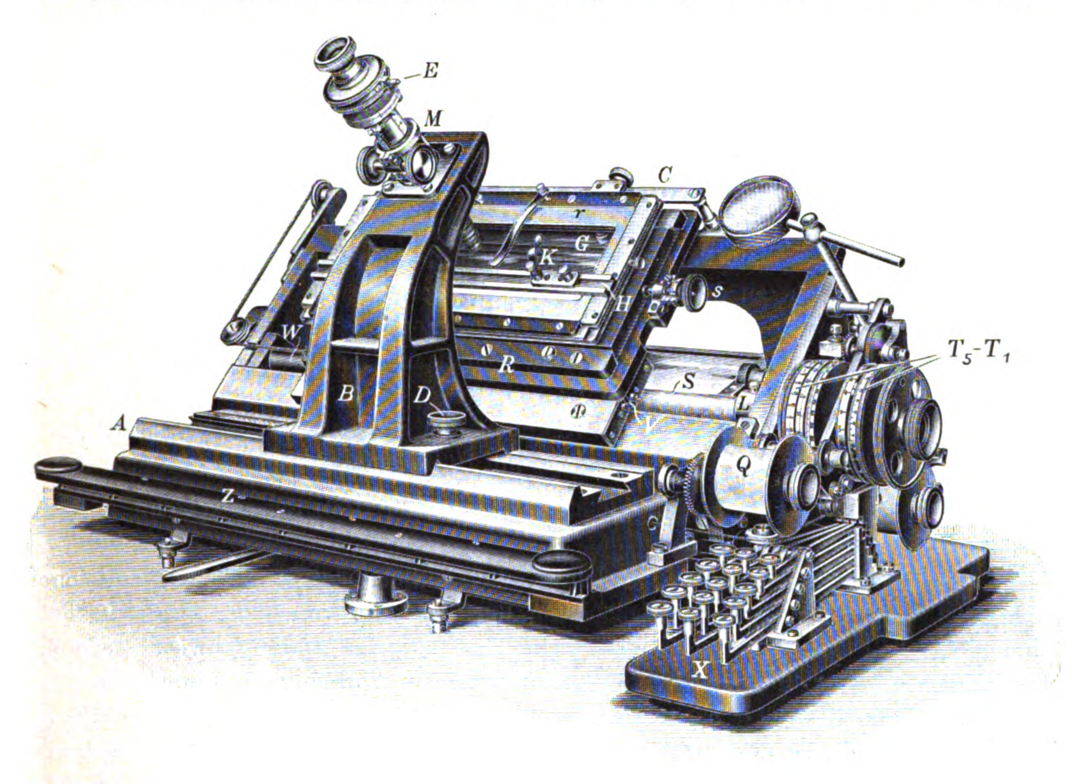


Fig. 1.

Grunde konnte auch das pultartige Rahmenwerk *R*, welches am unteren Ende auf Stahlkugeln, am oberen auf einer Rolle läuft, an der Mutter direkt und ohne Beweglichkeit in irgendeiner Richtung befestigt werden.

Die Stahlkugeln rollen in einer gehobelten keilförmigen Rinne *V*, deren Wandungen mit blauhartem Uhrfederband ausgelegt sind. Die Bewegung des Rahmenwerkes und des darauf befestigten zu messenden Gegenstandes durch Drehen der Schraube *S* erfolgt bei dieser Anordnung sehr leicht und sicher. Die Einrichtung ist jedenfalls der sonst üblichen Schlittenführung vorzuziehen (vgl. auch *diese Zeitschr.* **27.** *S. 297. 1907*).

Das Rahmengestell *R* ist ein doppeltes, bestehend aus einem schweren und einem leichteren Rahmen *r* aus Gußeisen. Beide Rahmen haben Schlittenführung. Der untere kann durch eine kurze Schraube *s* von ebenfalls 0,5 *mm* Ganghöhe in der Messungsrichtung verstellt werden, was besonders für die Schraubenuntersuchung

wichtig ist. Der obere, dem Mikroskop *M* zunächst liegende Rahmen gestattet eine Kippung gegen die Messungsrichtung und trägt eine 337 *mm* lange Spiegelglasplatte *G* zum Auflegen der zu messenden Photographien. Außerdem sind noch Vorrichtungen zum Heben und Senken (*H*) sowie zum Festklemmen (*K*) der photographischen Platten angebracht.

Das Mikroskop *M* ist auf einem stabilen gußeisernen Träger *B* befestigt, der auf einer Wange *A* sicher läuft und mit zwei Kopfschrauben *D* ablesbar festgestellt werden kann. Der vorhandene Index zeigt auf 150 der Millimeterteilung, wenn sich das Mikroskop in der Mitte des Apparates bezw. der Schraube befindet. Das Mikroskop gestattet ein Variieren der Vergrößerung zwischen $2\frac{1}{2}$ und 160, da 5 Objektive und 4 Okulare in passender Weise befestigt werden können. Die Distanz der beiden im Okular erscheinenden Fäden läßt sich von außen mit Hülfe eines Schräubchens *E* verändern und feststellen. Es ist außerdem noch eine sehr nützliche Vorrichtung angebracht, welche es gestattet, das Gesichtsfeld zu beschränken, damit nicht unnötig viel Licht in die Augen gelangt. Es geschieht dies durch zwei gleichzeitig gegen einander bewegte Platten von Rauchglas, die bei der Messung von Spektrallinien die Höhe des Spektrums, also die Länge der Linien, beliebig zu verkleinern gestatten.

Unter den optischen Teilen des Mikroskops befindet sich auch ein Reversionsprisma, welches leicht an den Okularen zu befestigen ist; es verkehrt das Bild des Objekts in bezug auf rechts und links, sodaß es möglich ist, die Messungen in zwei Richtungen vorzunehmen und dadurch systematische Fehler der Einstellung auszulöschen.

Die zur direkten Ablesung der Angaben der Schraube dienende Trommel T_1 hat einen Durchmesser von 100 *mm* und ist mit Hülfe eines Schneckenteilapparates in 500 Teile geteilt, sodaß ein Teil gleich $\overset{R}{0},002$ ist oder 0,001 *mm* entspricht. Es läßt sich noch 0,0001 *mm* abschätzen.

Der Meßapparat ist so eingerichtet, daß Millimeter und nicht Revolutionen abgelesen werden; es geht die Bezifferung der Trommel von 0 bis 49, je 10 Teile sind gleich 0,01 *mm*. Die zweite und dritte Dezimale der Ablesung wird somit nur bis 0,50 *mm* erhalten, und darüber hinaus muß 0,5 zur Ablesung der Trommel addiert werden. Wann dies nötig wird, sieht man links an der zweiten Teilscheibe T_2, die in 20 Teile geteilt ist und mittels einer Räderübersetzung 10 ganze und auch halbe Millimeter angibt. Die Zentimeter werden an einer Längsteilung *C* gefunden, die über dem auf Kugeln laufenden Rahmen befestigt ist.

Um die Bedienung des Apparates durch nur eine Person weniger ermüdend und zeitraubend zu gestalten, habe ich eine Registriervorrichtung *X*, ähnlich einer Schreibmaschine, anbringen lassen. Durch den Druck auf eine längs des ganzen Apparates laufende Leiste *Z* wird erstens die vollständige Messung registriert, außerdem können noch 10 große und 10 kleine Zahlen sowie auch 10 andere Buchstaben und Zeichen auf einen Papierstreifen *Q* gedruckt werden, die das Aufschreiben von Notizen entbehrlich machen.

Zur Aufzeichnung der Messungen selbst war es erforderlich, drei Typenscheiben T_3, T_4, T_5 zu teilen, zu fräsen und zu gravieren, von denen besonders die erste mit den 500 erhabenen Teilstrichen als ein Meisterstück der Präzisionsmechanik angesehen werden muß. Die dritte Scheibe T_5 mußte auch die Zentimeter mitregistrieren, wozu eine besonders hohe Übersetzung nötig war, was Hr. Toepfer nur durch Anbringung eines Schneckenrades erreichen konnte.

Die Registriervorrichtung ist so vorzüglich gearbeitet und eingepaßt, daß die gedruckte und direkte Schraubenablesung eine merkliche Differenz nicht zeigen. Die eingangs erwähnte Schraubenuntersuchung habe ich mit Hülfe dieser Registriervorrichtung ausgeführt und war überrascht, in wie kurzer Zeit die Messungen vollendet, der Registrierstreifen Q abgelesen und gebucht war. In welcher Weise die Registrierstreifen bedruckt werden, ist aus Fig. 2 ersichtlich.

Es sind hier drei Einstellungen von drei verschiedenen, aber benachbarten Linien eines Spektrums dargestellt. Die Ablesung der ersten ergibt 154,2233 *mm*. Es ist eine Anschluß- oder Standardlinie A gewesen, welche die geschätzte Intensität 1,2 hatte.

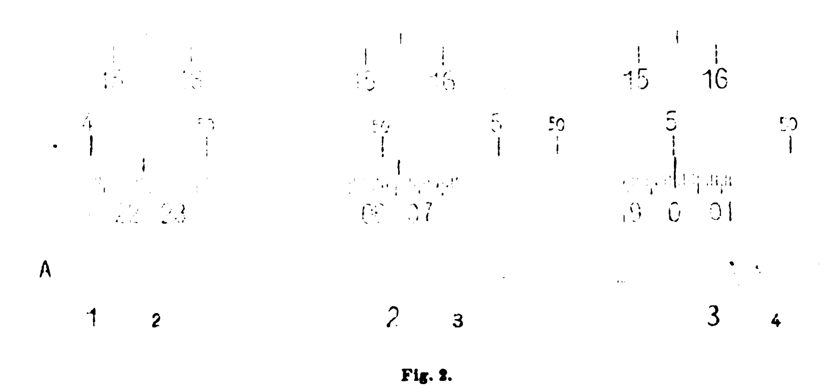


Fig. 2.

Die zweite Ablesung ist 154,5656 und bezieht sich auf eine scharfe Linie s von der Intensität 2,3. Die dritte Einstellung wird registriert mit 155,0001; sie bezieht sich auf ein Band, dessen Mitte gemessen wurde (B_m), die Ränder desselben waren nach Rot und Violett verschwommen ($\pm n$). Die Messung ist als unsicher zu betrachten ($\varDelta$), und die Intensität des Bandes wurde zu 3,4 geschätzt. Die großen und kleinen Zahlen können auch mit Vorteil zur Numerierung der Linien und zu Temperaturangaben benutzt werden.

Die Länge der Schraube und des Meßapparates ist freilich durch Einfügung der Typenräder größer geworden, und der schon vorher bei ähnlichen Apparaten bemerkte Übelstand, daß das Mikroskopokular und das Angriffsrad für die Schraube zuweilen so weit voneinander entfernt sind, daß der rechte Arm des Beobachters zu sehr gestreckt werden muß, macht sich um so mehr fühlbar. Diesem Übelstande hat Hr. Toepfer durch Anbringung einer einfachen Transmissionsvorrichtung abgeholfen, die es ermöglicht, die Drehung der Schraube auf einer Hartgummiwalze zu bewirken, die die ganze Länge des Apparates einnimmt, und die mit der linken Hand oder eventuell mit beiden Händen bedient werden kann.

Die Tätigkeit der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt im Jahre 1909.

(Fortsetzung von S. 160.)

III. Arbeiten, betreffend Wärme und Druck.

1. Übersicht der laufenden Arbeiten[1]).

Im Laufe des Berichtjahres sind nachfolgende Prüfungen ausgeführt worden:

I. Thermometer.

10 516 ärztliche Thermometer einschließlich 28 Zeigerthermometern,
730 feine Thermometer mit Korrektionsangaben in 0,01°, geprüft in Temperaturen bis 100°,
1 038 Thermometer mit Korrektionsangaben in 0,1°, geprüft wie die vorigen,
15 Insolationsthermometer,
124 Siedethermometer für Höhenbestimmungen,
51 Beckmannsche Thermometer,
46 Tiefseethermometer,
1 324 hochgradige Thermometer (100° bis 575°),
45 tiefgradige Thermometer, darunter 18 Pentanthermometer für Temperaturen bis —190°,

zusammen 13 889 Thermometer.

II. Elektrische und optische Temperaturmesser.

1 084 Thermoelemente,
12 Millivoltmeter,
20 Widerstandsthermometer,
19 optische Pyrometer nach Wanner,
2 zugehörige Rauchgläser,
1 Pyrometer nach Féry,
132 Glühlampen } für das Holborn-Kurlbaumsche Pyrometer,
22 Lichtschwächungen } für das Holborn-Kurlbaumsche Pyrometer,
1 Reflexionsprisma,
1 Graphitpyrometer,

zusammen 1 294 Apparate.

III. Druck-Meßinstrumente.

2 Quecksilberbarometer,
19 Aneroidbarometer,
25 Manometer,
2 Indikatorfedern in 2 Indikatoren,

zusammen 48 Druck-Meßinstrumente.

IV. Apparate zur Untersuchung des Erdöls.

133 Petroleumprober,
393 Zähigkeitsmesser,
2 Siedeapparate für Mineralöle,

zusammen 528 Apparate für Erdöle.

V. Sonstiges.

5 Posten Legierungsringe für Schwartzkopffsche Dampfkessel-Sicherheitsapparate, zusammen 836 Legierungsringe,
9 Verbrennungskalorimeter (Bestimmung des Wasserwerts auf elektrischem Wege),

---

[1]) Wiebe, Grützmacher, Moeller, Hoffmann, Disch, Meißner, Hebe.

1 Kalorimeterbombe auf Druck von 200 Atm.,
1 Junkerssches Kalorimeter,
4 Kohlenproben auf Heizwert, Wasser- und Aschengehalt,
1 Gaedesche rotierende Hochvakuum-Quecksilberpumpe,

zusammen 21 Prüfungen verschiedener Art.

2. Thermometer.

Von den 13889 Thermometern waren 1514 wegen Nichteinhaltung der Prüfungsvorschriften unzulässig; 134 gingen beschädigt ein, 81 wurden bei der Prüfung beschädigt, sodaß im ganzen 1729 Thermometer = 12 % von den zur Prüfung eingereichten Thermometern zurückgewiesen werden mußten.

a) Ärztliche Thermometer[1]).

Unter den 10516 *ärztlichen* Thermometern, deren Anzahl gegen das Vorjahr abermals um rund 2000 Stück zurückgegangen ist, waren 43 % fehlerfrei.

Von der Gesamtzahl der ärztlichen Thermometer sind nach den seit dem 1. V. 1909 gültigen neuen Prüfungsbestimmungen (Anh. Nr. 2) nur 713 Stück geprüft worden, eine auffallend kleine Anzahl. Mit dem 31. Dezember 1909 ist die Übergangsfrist für die neuen Bestimmungen abgelaufen, sodaß vom 1. Januar 1910 ab die ärztlichen Thermometer überhaupt nicht mehr mit Prüfungsscheinen versehen werden. Statt dessen werden den beglaubigten ärztlichen Thermometern Gebrauchsanweisungen beigegeben, welche Angaben über die Messung der Körpertemperatur mit ärztlichen Thermometern sowie einige Auszüge aus den neuen Prüfungsbestimmungen enthalten. Diese Angaben haben seitens des Kaiserlichen Gesundheitsamtes und der Ärztekammer für Berlin und die Provinz Brandenburg Zustimmung gefunden.

b) Laboratorium- und andere Thermometer[2]).

Die Gesamtanzahl der geprüften *Laboratorium-*, *meteorologischen* und *gewerblichen* Thermometer ist ungefähr die gleiche wie im Vorjahre; einige Gruppen haben etwas abgenommen, andere dagegen zugenommen. Auffallend stark war die Zunahme bei den Siedethermometern (für Höhenbestimmungen), die immer größere Verbreitung finden, ferner bei den Tiefseethermometern, den Thermometern für tiefe und für hohe Temperaturen; bei letzteren beträgt die Zunahme 37 %.

c) Nachprüfung der Normalthermometer.

Die im vorigen Jahre begonnene Revision der Normalthermometer zwischen 0° und 100° ist abgeschlossen worden. Es wurden 5 neuere von 0° bis 100° durchgeteilte und fundamental bestimmte Einschlußthermometer, die mit besonders feinen Teilungen versehen sind, in mehreren Reihen mit den 4 alten Haupt-Normalthermometern, die die internationale Temperaturskale repräsentieren, verglichen. Mit diesen 5 Thermometern wurden alsdann die 7 älteren Gebrauchsnormale (4 Thermometer von 0° bis 50°, 3 Thermometer von 50° bis 100°) verglichen und so die individuellen Korrektionen der letzteren ermittelt, deren Richtigkeit durch die Übereinstimmung dieser Thermometer unter einander bei der laufenden Prüfung erwiesen worden ist.

In ähnlicher Weise wurde auch die Kontrolle der Normalthermometer für die Temperaturen 100° bis 200° ausgeführt, indem sie in mehrfachen Reihen mit zwei alten, unmittelbar an das Luftthermometer angeschlossenen Thermometern verglichen wurden.

Die Vergleichung der Skale der hochgradigen Quecksilberthermometer mit dem Platinthermometer ist beendigt und hat eine befriedigende Übereinstimmung der beiden Skalen ergeben. Vergleichungen mit neuen fundamental bestimmbaren hochgradigen Quecksilberthermometern aus Glas 59^{III} und aus Jenaer Verbrennungsröhrenglas sind ebenfalls ausgeführt worden, müssen aber mit anderen neubeschafften Thermometern wiederholt werden, da die Füllung der ersteren Thermometer sich schließlich als nicht ganz rein herausstellte.

Von Gebrauchsnormalthermometern sind ferner noch revidiert bezw. neu bestimmt worden: 2 zur Prüfung von Siedethermometern benutzte Normale, 2 Normalthermometer zur Prüfung von Kalorimeterthermometern, 3 neue Beckmannsche Thermometer, 2 Normal

---

[1]) Hebe.

[2]) Grützmacher (bis 31. März 1909), Moeller, Disch.

thermometer zur Prüfung von meteorologischen Thermometern, 1 Thermometer für tiefe und 3 Stabthermometer für hohe Temperaturen.

d) Neue Jenaer Thermometergläser[1].

Die bisherige Untersuchung der neuen Jenaer Thermometergläser hat keine so wesentlichen Vorzüge der Bleigläser vor den bleifreien Thermometergläsern ergeben, daß deren Einführung in Deutschland für thermometrische Zwecke empfohlen werden kann. Die in Jena neu zusammengesetzten Bleigläser zeigen zwar durchweg geringere, z. T. ganz erheblich geringere Nachwirkungen als die bleihaltigen englischen und französischen Thermometergläser, die mit jenen gleichzeitig untersucht worden sind, aber ihre Verarbeitung vor der Lampe ist schwierig und erfordert eine Veränderung der bisherigen deutschen Arbeitsmethode. Dagegen hat sich ein neues Borosilikatglas sowohl in bezug auf Nachwirkung wie auf Verarbeitungsfähigkeit vor der Lampe als so vorteilhaft erwiesen, daß es vor dem Normalthermometerglas 16^{III} den Vorzug verdient und wohl geeignet wäre, dieses Glas zu ersetzen. Ob hüttentechnische Schwierigkeiten für die Herstellung des Glases vorhanden sind, kann noch nicht beurteilt werden, da bisher nur Versuchsschmelzen ausgeführt sind. Das neue Borosilikatglas ist in Stabröhrenform, unbelegt und mit Emailbelag, untersucht worden und hat in dieser Form keine Neigung zum Springen gezeigt, sodaß seine Verwendung für besonders empfindliche ärztliche Minuten-Maximumthermometer wohl in Frage kommt. Es sind sowohl hier wie auf Anregung der Reichsanstalt auch in der Ilmenauer Fachschule einige ärztliche Maximumthermometer mit Verengerung in der Kapillare (System Hicks) aus diesem Glase angefertigt worden, die sich gut verhalten haben.

Die Untersuchung der neuen Gläser wird noch fortgesetzt; auch soll die Abweichung der aus dem Glase gefertigten Thermometer vom Luftthermometer untersucht werden.

3. Thermometer-Prüfungsstellen unter Kontrolle der Reichsanstalt[2].

Im Laufe des Jahres 1909 wurden geprüft	in Ilmenau	in Gehlberg
ärztliche Thermometer nach den alten Bestimmungen	40 542	4002
ärztliche Thermometer „ „ neuen „		3605
meteorologische, Laboratorium-, Fabrik-Thermometer	1456	—
häusliche Thermometer	236	—
zusammen	42234	7607

In der Ilmenauer Prüfungsanstalt wurden 4795 Scheine in fremder Sprache ausgefertigt.

Mit dem Inkrafttreten der neuen Prüfungsbestimmungen für Thermometer ist an Stelle der bisherigen periodischen Revisionen der beiden thüringischen Thermometerprüfungsanstalten eine örtliche Beaufsichtigung getreten. Zu diesem Zwecke hat Prof. Grützmacher seinen Wohnsitz in Ilmenau erhalten und begibt sich zur Überwachung der Thermometerprüfung in Gehlberg in geeigneten Zwischenräumen, bisher monatlich zweimal, dorthin.

4. Elektrische und optische Temperaturmessungen.

a) Thermoelemente[3].

Thermoelemente. Die Gesamtzahl der geprüften Thermoelemente betrug 1084, gegen 788 im vorangegangenen Berichtsjahre, entsprechend einer Zunahme von 38 %. Hiervon bestanden 928 aus Platin-Platinrhodium, 94 aus Silber-Konstantan, 59 aus Kupfer- und 3 aus Eisen-Konstantan. Aus den in der Reichsanstalt niedergelegten Drahtvorräten wurden 975 entnommen, während 109 Elemente besonders eingesandt waren; unter den letzteren befanden sich 19 Elemente, bei denen der eine Schenkel (meist Kupfer) zugleich das Umhüllungsrohr bildete.

Erhöhte Aufmerksamkeit wurde bei der Mitteilung der Prüfungsergebnisse dem Einflusse der Temperatur der freien Enden der Thermoelemente, an welche die Zuleitungen angeschlossen werden, zugewandt. In den Scheinen für Elemente, die nicht in Montierung geprüft wurden, ist bisher die Tabelle für die Thermokräfte unter der Voraussetzung mitgeteilt

---

[1]) Wiebe.
[2]) Grützmacher.
[3]) Lindeck, Hoffmann, Meißner.

worden, daß die Temperatur der freien Enden der Elemente (der „kalten Lötstellen") 0° beträgt. In der Praxis hingegen werden die freien Enden selbst in den seltenen Fällen, in denen die Elemente ohne Montierung gebraucht werden, fast stets an Klemmschrauben gelegt, die sich auf Zimmertemperatur oder sogar einer etwas höheren Temperatur befinden. Es ist deshalb — zunächst bei Le Chatelierschen Elementen — dazu übergegangen worden, die Angaben in den Scheinen auf eine Temperatur der freien Enden von 20° C. zu beziehen. Dasselbe Verfahren soll allmählich auch bei sämtlichen anderen Elementen für Temperaturen über 0° eingeschlagen werden, hingegen nicht bei denen für Temperaturen unter 0°, da beim Arbeiten in tiefen Temperaturen gewöhnlich Eis zur Verfügung stehen wird und gerade bei Elementen für tiefe Temperaturen (Kupfer-Konstantan- und Eisen-Konstantan-Elemente) der Einfluß der Temperatur der freien Enden ein sehr bedeutender ist. Soll nämlich beispielsweise bei — 200° der durch die Temperatur der freien Enden bedingte Fehler die Größe von 1° nicht überschreiten, so bedarf es dazu der Kenntnis dieser Temperatur bis auf $^1/_4$°.

In der Technik wird nicht immer darauf geachtet, daß der Koeffizient, mit dem die Abweichung der Temperatur der freien Enden von 0° bezw. 20° zu multiplizieren ist, um die in °C. ausgedrückte Korrektion der Temperaturanzeige zu erhalten, bei sämtlichen Elementen mit variabler Empfindlichkeit keine Konstante ist, sondern von der Temperatur der Lötstelle, d. h. der zu messenden Temperatur, abhängt. Der Einfluß dieser Abhängigkeit liegt nur bei Le Chatelierschen Elementen innerhalb der im allgemeinen angegebenen Genauigkeit der Temperaturanzeige. Es sind deshalb in letzter Zeit in den Prüfungsscheinen, die für andere als Le Chateliersche Elemente ausgestellt wurden, Tabellen mitgeteilt worden, aus denen die Abhängigkeit dieses Koeffizienten von der zu messenden Temperatur entnommen werden kann.

Bei Silber-Konstantan-Elementen sinkt er z. B. in dem Intervall 0° bis 600° C. von 1 auf etwa 0,6; bei Thermoelementen für tiefe Temperaturen dagegen wächst er im Intervall 0° bis — 200° von 1 auf etwa 2,5.

b) Widerstandsthermometer[1].

Die Zahl der geprüften Widerstandsthermometer hat beträchtlich zugenommen. Es wurden geprüft 4 Platinthermometer, deren Draht auf Glimmer gewickelt war, darunter 2 von O. Wolff in Berlin hergestellte Instrumente, außer für hohe Temperaturen auch für Temperaturen von 0° bis — 190°, sowie 16 Platin-Quarzglasthermometer der Firma W. C. Heraeus in Hanau, unter ihnen eines für tiefe Temperaturen, eines für hohe und tiefe Temperaturen und zwei für kalorimetrische Zwecke.

Auf Veranlassung des Kuratoriums wurden Untersuchungen in die Wege geleitet, um den Grund für die manchmal beobachteten Abweichungen verschiedener Platin-Quarzglasthermometer voneinander festzustellen. Zu diesem Zweck wurde die Firma W. C. Heraeus veranlaßt, einen Vorrat von chemisch reinem Draht für platinthermometrische Zwecke zu reservieren. Dieser Vorrat wurde der Reichsanstalt eingesandt, damit Proben von verschiedenen Stellen desselben entnommen und in Form von auf Glimmer gewickelten Spulen auf ihren Temperaturkoeffizienten untersucht werden könnten; ein Teil des Vorrates wurde der Firma Heraeus zur Herstellung von Quarzglasthermometern zurückgesandt. Durch Vergleichung der an solchen Thermometern beobachteten Temperaturkoeffizienten mit den an den oben erwähnten Proben festgestellten wird eine Entscheidung darüber möglich werden, ob der Grund für die beobachteten Abweichungen in der Verschiedenheit der verwendeten Drahtsorten zu suchen ist, oder ob durch die Einbettung in Quarzglas Veränderungen hervorgerufen werden. Die Untersuchungen dürften im Laufe des nächsten Halbjahres zum Abschluß kommen. Übrigens machen die Prüfungsergebnisse an den zahlreichen, bereits untersuchten Quarzglasthermometern die Annahme einer Veränderung des Drahtes durch das Einschmelzen sehr wahrscheinlich. Denn, abgesehen von den Abweichungen der an verschiedenen Instrumenten ermittelten Temperaturkoeffizienten voneinander, sind auch ihre Mittelwerte erheblich von den für gewöhnliche Platinthermometer aus reinstem Draht gültigen

[1]) Lindeck, Hoffmann, Meißner.

verschieden, sodaß die durch den ersten und zweiten Temperaturkoeffizienten α und β bestimmte Größe

$$\delta = \frac{-\beta \cdot 10^4}{\alpha + \beta \cdot 10^2},$$

die bei den auf Glimmer gewickelten Platinwiderständen der Reichsanstalt etwa 1,5 ist, bei Quarzglasthermometern nahezu den Wert 1,6 annimmt.

Um festzustellen, wie weit die für gewöhnliche Platinthermometer geltende quadratische Formel auch für Quarzglasthermometer gültig ist, soll die Abhängigkeit des Widerstandes von der Temperatur näher untersucht werden. Gelegentlich der Prüfungen wurde schon folgendes festgestellt: Bei Bestimmung einer quadratischen Formel aus den bei 0°, 100° und 445° gefundenen Werten betragen die Abweichungen der berechneten von den beobachteten Werten zwischen 100° und 445° jedenfalls nicht mehr als einige zehntel Grad. Andererseits weist ein Thermometer, das bei 0°, 50° und 100° geprüft ist, zwischen 0° und 50° Abweichungen von einigen hundertstel Grad von den nach einer quadratischen Formel berechneten Werten auf.

Um die Verwendbarkeit gewöhnlicher Platinthermometer für Temperaturen über 600° zu untersuchen, wurde ein hierfür geeignetes Instrument hergestellt und mit der Prüfung desselben begonnen.

Zum Anschluß der Quecksilberthermometer an die platinthermometrische Skale wurden die im Vorjahre angestellten Vergleichungen weiter fortgesetzt und bezüglich der hochgradigen Thermometer zum Abschluß gebracht. Die erhaltenen Resultate werden später veröffentlicht werden.

Zur Kontrolle der durch die Platinthermometer festgelegten Temperaturskale wurden mit den bei der Vergleichung der hochgradigen Quecksilberthermometer benutzten Platinthermometern die Siedepunkte von Naphthalin und Benzophenon gemessen. Es ergab sich hierbei eine gute Übereinstimmung mit den besten der in der Literatur angegebenen Werte (vgl. Holborn und Henning, *Ann. d. Physik* **26.** *S. 867. 1908*).

c) Optische Pyrometer[1]).

Geprüft wurden 19 Wanner-Pyrometer, von denen 2 mit Rauchglas versehen waren, 132 Glühlampen und 22 Prismen-Lichtschwächungen für Holborn-Kurlbaum-Pyrometer und 1 Reflexionsprisma.

Bei den Wanner-Pyrometern wurde eine Änderung der Prüfungsmethode in folgender Weise vorgenommen. Bisher wurde vor der eigentlichen Prüfung die Stromstärke der Vergleichsglühlampe durch Einstellung auf die Amylazetatlampe ermittelt, wobei der Index des Okularnicols auf einen vorher festgelegten Winkel, die „Normalzahl“, gestellt war, und hierauf bei Belastung der Glühlampe mit der so gefundenen Stromstärke die zu den Temperaturen des anvisierten schwarzen Körpers gehörigen Winkel bestimmt. Jetzt wird umgekehrt unter Zugrundelegung eines bestimmten, für alle Pyrometer gleichen Zusammenhanges zwischen Temperatur und Winkeleinstellung die dazu erforderliche Stromstärke der Glühlampe vor dem schwarzen Körper gemessen und darauf durch Einstellung auf die Amylazetatlampe die „Normalzahl“, die dieser Stromstärke entspricht. Der Vorteil dieser Methode liegt, abgesehen von einer Vereinfachung der Rechnung, darin, daß in Zukunft die Angaben aller von der Reichsanstalt geprüften Instrumente unter einander übereinstimmen und als einziges von Instrument zu Instrument verschiedenes Prüfungsergebnis neben der Temperaturtabelle die gefundene „Normalzahl“ mitgeteilt wird.

Wegen Verbesserungen des Pyrometers nach verschiedenen Richtungen hin ist mit der Firma Dr. Hase in Hannover verhandelt und ein neues Modell untersucht worden. Zu einem abschließenden Ergebnis sind indessen diese Versuche noch nicht gekommen.

Bei der Prüfung der Lichtschwächungen zum Holborn-Kurlbaumschen Pyrometer hat sich als ein Übelstand herausgestellt, daß die wirksame Wellenlänge der in letzter Zeit eingesandten roten Gläser nicht unerheblich von der früher geprüfter Gläser abwich. Um

[1]) Brodhun, Hoffmann, Meißner.

eine größere Übereinstimmung zu erreichen, ist mit der Firma Siemens & Halske vereinbart worden, daß ein größerer Vorrat möglichst homogenen Glases beschafft und für diesen Zweck aufbewahrt wird.

d) Seger-Kegel[1].

Die Messung der Erweichungstemperaturen der Seger-Kegel ist fortgeführt worden und im Anschluß an die früheren Messungen (Tätigkeitsbericht für 1907, *diese Zeitschr.* **28.** *S. 176/177. 1908*) für das Gebiet der Kegel Nr. 20 bis Nr. 35, d. h. etwa vom Schmelzpunkt des Palladiums bis zu dem des Platins, zum Abschluß gebracht worden. Über diese Arbeit ist von Dr. Hoffmann in der Jahresversammlung des Vereins Deutscher Fabriken feuerfester Produkte E. V. berichtet worden[2]. Das Niederschmelzen der Kegel fand in dem horizontalen elektrischen Iridiumofen statt; die Temperatur wurde mit einem Iridium-Iridiumruthenium-Thermoelement gemessen, das in dem Ofen durch die Schmelzpunkte des Goldes, Palladiums und Platins geeicht war. Ein Teil der Ergebnisse ist in folgende Tabelle zusammengefaßt:

Kegel Nr.	Geschätzte Temperatur[3]	Beobachtete Temperatur[4]	Differenz	Beobachtet — geschätzt	Abrundung
L 14	1410°	1420°		10°	
20	1530	1540		10	
21	1550	1555	15°	5	
22	1570	1560	5	— 10	
23	1590	1565	5	— 25	
24	1610	1570	5	— 40	5°
25	1630	1575	5	— 55	
26	1650	1580	5	— 70	
27	1670	1605	25	— 65	
28	1690	1610	5	— 80	
29	1710	1625	15	— 85	
30	1730	1640	15	— 90	
31	1750	1640	0	— 110	
32	1770	1670	30	— 100	
33	1790	1680	10	— 110	10°
34	1810	1700	20	— 110	
35	1830	1710	10	— 120	

Die hier aufgeführten sogenannten L-Kegel sind solche, die im Laboratorium der Königlichen Porzellanmanufaktur eigens für den Zweck dieser Untersuchung, aber in derselben Zusammensetzung wie die käuflichen Kegel hergestellt sind; außerdem wurden noch von Nr. 26 bis 35 Z-Kegel untersucht, die erst neuerdings von der Porzellanmanufaktur zur Untersuchung eingereicht wurden, und ein F-Kegel, d. h. Fabrikationskegel, wie er in den Handel gebracht wird.

Die Temperaturangaben sind auf die Holborn-Daysche Skale[5] bezogen, die bis auf weiteres für die amtliche Prüfung der Thermoelemente beibehalten ist[6]. In dieser Skale sind die drei zur Eichung benutzen Schmelzpunkte:

Gold	1064°
Palladium	1535°
Platin	1710°

---

[1]) Hoffmann, Meißner.

[2]) Bericht über die XXIX. Hauptversammlung des Vereins Deutscher Fabriken feuerfester Produkte, März 1909. *S. 45; Tonindustrie-Zeitg.* **33.** *S. 1577. 1909.*

[3]) Nach den vom Tonindustrie-Laboratorium bis 1909 mitgeteilten Zahlen.

[4]) In der Temperaturskale von Holborn und Day.

[5]) *Ann. d. Physik* **2.** *S. 505. 1900.*

[6]) *Ann. d. Physik* **22.** *S. 48. 1907.*

Unter Annahme dieser Werte wurde die Thermokraft des Iridium-Iridiumrutheniumelementes nach einer quadratischen Formel interpoliert. Inwieweit diese Berechnungsweise, insbesondere bei Extrapolation über den Platinschmelzpunkt hinaus, zulässig ist, soll noch durch optische Messungen, die bereits im Gange sind, kontrolliert werden.

Die Abweichungen der beobachteten von den geschätzten Temperaturen erscheinen nach der obigen Tabelle für die Seger-Kegel Nr. 25 bis 35 recht beträchtlich; indessen sind sie im wesentlichen auf eine verschiedene Annahme des Platinschmelzpunktes zurückzuführen, denn die Angabe Cramers, daß der Kegel Nr. 36 etwas oberhalb der Platinschmelztemperatur niedergeht, ist in bester Übereinstimmung mit den Beobachtungen der Reichsanstalt, nach denen die Erweichungstemperatur von Kegel Nr. 35 sehr nahe unterhalb des Platinschmelzpunktes liegt. Der wahre Wert des letzteren in der gasthermometrischen Skale ist auch heute noch nicht mit hinreichender Sicherheit bekannt; allein so viel scheint festzustehen, daß er in der Nähe von 1780° liegt. Sollte sich dies bestätigen, so würde sich eine sehr viel bessere Übereinstimmung zwischen den für die Seger-Kegel in Spalte 2 der Tabelle angegebenen Temperaturen und den unter Zugrundlegung des Werts 1780° aus den Messungen der Reichsanstalt berechneten herausstellen.

Erwähnt sei übrigens, daß im Laufe des Berichtsjahres von dem Laboratorium für Tonindustrie, das sich mit dem Vertriebe der Seger-Kegel befaßt, eine neue Skale für die Kegel aufgestellt und in der Technik verbreitet wird. In dieser Skale, die der Reichsanstalt aber erst nach Abschluß dieser Arbeit bekannt wurde, ist zwar dem Kegel Nr. 35 die Temperatur 1770° zuerteilt, während indessen andere Angaben weniger mit den hier gewonnenen Resultaten in Einklang zu bringen sind.

5. Manometer und Indikatoren[1]).

Es wurden 25 Federmanometer geprüft, und zwar

8 Manometer für Drucke		bis 20 *kg/qcm*,
9 „ „ „	über 20	„ 300 „ ,
8 „ „ „	„ 300	„ 600 „ ,
zusammen 25 Manometer.		

Die Vergleichung der beiden Druckwagen mit den neuen Stempeln und Buchsen aus Nickelstahl hat noch nicht ausgeführt werden können, da es an Zeit mangelte.

An Indikatoren sind nur zwei Stück mit je einer Feder eingegangen.

An sonstigen Druckprüfungen sind zu erwähnen 46 Tiefseethermometer auf Drucke z. T. bis 900 *kg/qcm*, 1 Kalorimeterbombe auf Dichtheit gegen Drucke bis 200 *kg/qcm* und 1 auf Drucke bis 100 *kg/qcm*.

6. Apparate zur Untersuchung der Erdöle[2]).

Geprüft wurden

133 Petroleumprober,
393 Zähigkeitsmesser,
2 Siedeapparate,

zusammen 528 Apparate, was gegen das Vorjahr eine Zunahme von 144 Apparaten bedeutet und gegen den dreijährigen Durchschnitt eine solche von 113 Stück.

Da die letzte Kontrolle der Gebrauchsnormale des Abel-Probers 1904 stattgefunden hat, so wurde eine neue umfassende Vergleichung dieser Apparate mit den Hauptnormalen Pe 17 und S & R 1408 ausgeführt, wodurch die früher gefundenen Apparatkorrektionen der Gebrauchsnormale durchgängig bestätigt wurden. Auch die in letzter Zeit wegen Abnutzung älterer Normale beschafften 4 neuen Gebrauchsnormalprober sind mit den Hauptnormalen verglichen und alsdann für die laufenden Prüfungen an Stelle der ausrangierten älteren Normale in Gebrauch genommen worden.

Ferner sind die 1882 beschafften 4 englischen Petroleumprober, deren Angaben damals denen der deutschen Prober zugrunde gelegt wurden, von neuem mit den Normalen der

[1]) Wiebe.
[2]) Wiebe, Hebe.

Reichsanstalt verglichen worden, nachdem 3 davon vorher in London repariert und vom dortigen *Standards Department* des *Board of Trade* von neuem geeicht worden waren. Bei dieser Gelegenheit wurde in der Reichsanstalt der Einfluß der Veränderung der Hauptdimensionen auf die Angabe des Entflammungspunktes von neuem bestimmt und im wesentlichen in gleicher Größe wie früher gefunden.

Auf der im Mai in London stattgefundenen Versammlung der Internationalen Kommission zur Vereinheitlichung der Untersuchung von Petroleumprodukten ist auf Vorschlag von Hrn. Wiebe die Internationalisierung des Abel-Probers erörtert worden. Eine prinzipielle Entscheidung ist dahin getroffen, daß in allen Fällen, wo die Einführung dieses Einheitsapparates auf Schwierigkeiten stößt, Vergleichstabellen zwischen den in den einzelnen Staaten gebräuchlichen Apparaten aufgestellt werden sollen, sodaß also der Abelsche Apparat in seinen beiden Formen (der deutschen und englischen) bestehen bleiben wird. Es ist dabei in Aussicht genommen, die Vergleichung der englischen mit den deutschen Petroleumprobern sowohl von deutscher wie von englischer Seite ausführen zu lassen.

7. Sonstiges[1]).

Auf Grund der Untersuchungen von Scheel und Heuse über die Mittel zur Herstellung hoher Vakua schickte die Firma E. Leybolds Nachf. in Köln eine rotierende Hochvakuum-Quecksilberpumpe nach Gaede zur Prüfung ein. Die Leistung derselben wurde in der Weise festgestellt, daß mit Hülfe eines genau untersuchten Mac Leodschen Manometers der Druck bestimmt wurde, der in einem Rezipienten von bekanntem Inhalt herrschte, wenn derselbe dauernd durch die betreffende Pumpe evakuiert wurde.

IV. Optische Arbeiten.

1. Photometrische Prüfungen[2]).

Nachstehende Tabelle enthält die im Jahre 1909 ausgeführten photometrischen Prüfungen:

66 beglaubigte Hefnerlampen, davon
- 6 mit Visier,
- 34 mit optischem Flammenmesser,
- 11 mit Visier und optischem Flammenmesser,
- 13 mit optischem Flammenmesser und Ersatzdochtrohr,
- 2 mit Visier, optischem Flammenmesser und Ersatzdochtrohr;

334 elektrische Kohlefadenlampen, davon
- 20 in Dauerprüfung mit im ganzen 2840 Brennstunden;

389 elektrische Metallfadenlampen, davon
- 137 in Dauerprüfung mit im ganzen 212840 Brennstunden;

19 Nernst-Leuchtkörper;
4 Bogenlampen mit Kohleelektroden;
20 Gasglühlichtapparate mit aufrecht stehendem Glühkörper;
8 Hängegasglühlichtapparate;
1 Gasglühlichtbrenner besonderer Konstruktion;
1 Petroleumglühlichtlampe;
1 Spiritusglühlichtlampe;
6 Zylinder für Petroleumrundbrenner;
9 Azetylenglühlichtbrenner mit im ganzen 1342 Brennstunden;
1 Rotationsvorrichtung für Metallfadenlampen;
3 Azetylenscheinwerfer;
4 Reflektoren;
6 Lampenglocken;
6 Glasblöcke, } geprüft auf Lichtverlust durch Reflexion
11 versilberte Glasprismen, } und Absorption.

Das optische Laboratorium wurde im Berichtsjahre außerordentlich stark durch Dauerprüfungen von Metallfadenlampen in Anspruch genommen, während nur eine einzige Reihe

[1]) Disch.
[2]) Brodhun, Liebenthal, Schönrock.

von Kohlefadenlampen einer Dauerprüfung unterzogen wurde. Die Gesamtzahl der Brennstunden für beide Lampenarten betrug 215680 gegen 173080 im Jahre 1908 und 101770 im Jahre 1907. Die zahlreichen Anträge auf Dauerprüfung konnten nur infolge des Umstandes erledigt werden, daß die größte Anzahl von Lampen mit Wechselstrom gespeist werden sollte. Jedoch wurden auch die Gleichstromquellen zeitweilig sehr beansprucht. Bezüglich der Metallfadenlampen ist im Berichtsjahre ein Fortschritt gegen früher insofern zu verzeichnen, als jetzt auch Lampen von niedrigeren Lichtstärken (16 HK) für höhere Spannungen (110 Volt und mehr) hergestellt werden.

Von den letzteren wurden 16 Stück bei einem anfänglichen Energieverbrauch von 1,1 Watt auf 1 HK mittlere Lichtstärke senkrecht zur Lampenachse mit konstanter Spannung (113 Volt) in Dauerprüfung bis zu 1500 Brennstunden genommen; die eine Hälfte wurde mit Gleichstrom, die andere mit Wechselstrom gebrannt.

Bemerkenswert sind ferner zwei Serien, welche unter Benutzung von Gleichstrom bis zu einer Abnahme der Lichtstärke um 20% des Anfangswertes untersucht wurden. Bei der ersten Serie von 10 Lampen zu 110 Volt hatten 9 in durchschnittlich 3210 Brennstunden um den vorgeschriebenen Betrag abgenommen, während die zehnte Lampe beim Abschluß der Prüfung nach 3700 Brennstunden diese Abnahme noch nicht zeigte. Die zweite Serie umfaßte 20 Lampen zu 220 Volt. Von diesen brannten 17 nach durchschnittlich 3650 Brennstunden durch; bei den 3 übrigen war die Prüfung infolge der Lichtabnahme um 20% nach 4000 bezw. 5500 und 6000 Brennstunden beendet.

Die meisten der nicht in Dauerprüfung genommenen Glühlampen waren zu Normallampen für photometrische Zwecke bestimmt. Wie aus der Tabelle hervorgeht, hat die Verwendung von Metallfadenlampen zu diesem Zwecke im Berichtsjahre erheblich zugenommen. Die Lichtstärke der letzteren variierte zwischen 1 und 200 HK. Zweifellos sind die niederkerzigen Metallfadenlampen mit 1 oder 2 Leuchtbügeln, weil sie nur wenige Akkumulatoren beanspruchen, für kleinere Laboratorien sehr wertvoll. Metallfadenlampen für höhere Lichtstärken, welche viele in verschiedenen Ebenen liegende Fäden besitzen, sind als Normallampen zur Festlegung der Lichtstärke in einer bestimmten Ausstrahlungsrichtung wenig geeignet, erstens, weil es schwer ist, eine passende Ausstrahlungsrichtung zu finden, und zweitens, weil zu befürchten ist, daß die Fäden beim Brennen und beim Transport ihre Lage ändern, sodaß die Lichtstärke dadurch eine andere wird. Man sollte zu Normallampen für Lichtstärken in einer bestimmten Ausstrahlungsrichtung möglichst nur Lampen wählen, deren Fäden in *einer* Ebene liegen. Erfreulich ist, daß die Firmen jetzt meistens Lampen einsenden, welche sie vorher schon längere Zeit (mindestens 50 Stunden) haben vorbrennen lassen, um genügende Konstanz in der Lichtstärke zu erzielen.

Die geprüften Bogenlampen waren für Schaltung zu je zweien an 110 Volt Netzspannung bestimmt. In Übereinstimmung mit den vom Verbande Deutscher Elektrotechniker herausgegebenen Vorschriften für die Photometrierung von Bogenlampen wurde jede Lampe während der Messung in Serie mit einer mitgelieferten zweiten Lampe derselben Art, die aber nicht photometriert wurde, an die vorgeschriebene Netzspannung angeschlossen. Von den 3 offenen Differential-Gleichstrombogenlampen mit übereinander stehenden Reinkohlen verbrauchte die günstigste 1,0 Watt zur Erzeugung von 1 HK mittlere räumliche Lichtstärke. Die Gleichstromflammenbogenlampe mit schräg gestellten Kohlen wurde mit drei Klarglasarmaturen gemessen. Der Energieverbrauch auf 1 HK mittlere räumliche Lichtstärke betrug, wieder unter Zugrundelegung der halben Netzspannung, im günstigsten Falle 0,51 Watt.

Von den Hängegasglühlichtlampen besaß im Berichtsjahre die günstigste eine Ökonomie von 1,2 *l* auf 1 HK mittlere räumliche Lichtstärke. Unter den Gasglühlichtlampen mit aufrecht stehendem Glühkörper sind zwei Lampen zu erwähnen, von denen die eine bei dem relativ kleinen stündlichen Gasverbrauch von 90 *l* etwa 1,3 *l*, die andere bei 110 *l* etwa 1,1 *l* auf 1 HK mittlere horizontale Lichtstärke verbrauchte. In der letzten Zeit wird regelmäßig neben den photometrischen Messungen noch eine Heizwertbestimmung des benutzten Leuchtgases ausgeführt, während das früher nur in selteneren Fällen geschah.

Bei der Petroleum- und der Spiritusglühlichtlampe fällt die Flüssigkeit aus einem im oberen Teile der Lampe angebrachten Behälter in einem Rohre herab zu dem Vergaser. Der Verbrauch auf 1 HK mittlere räumliche Lichtstärke betrug 0,8 *g* Petroleum bezw. 1,3 *g* Spiritus.

Die vom Deutschen Azetylenverein beantragte erneute Prüfung von Azetylenglühlichtbrennern, welche im vorigen Bericht erwähnt wurde, ist ausgeführt worden. Von 3 deutschen Firmen wurden je 3 Brenner für 15 *l*, sowie eine hinreichend große Anzahl von Glühkörpern eingesandt, und zwar lieferten zwei Firmen je eine Glühkörpersorte, während die dritte Firma zwei Sorten (I und II) schickte, von denen die Sorte I lichtstärker, aber teurer als Sorte II sein sollte. Die Glühkörper der Sorte I erwiesen sich jedoch wegen sehr geringer Haltbarkeit als ganz unzureichend. Der Azetylenentwickler und der Reiniger mit einer als Acagen bezeichneten Reinigungsmasse wurden wieder vom Deutschen Azetylenverein geliefert; dem Antrage gemäß wurde das Gas mittels einer 5proz. Silbernitratlösung auf Reinheit untersucht. Der günstigste Azetylenverbrauch betrug 0,20 *l* auf 1 HK mittlere horizontale Lichtstärke.

Zur Prüfung der 4 Reflektoren, von denen 2 aus Metall, die beiden anderen aus durchscheinendem Glase hergestellt waren, wurden eine Metallfadenlampe und eine Hängegasglühlichtlampe verwendet. Die Prüfung war zeitraubend, da eine sehr große Zahl von Beleuchtungsmessungen sowie von Lichtverteilungsbestimmungen ausgeführt werden mußten. Zu der Prüfung wurde das Straßenphotometer benutzt.

Die mittlere Lichtstärke von Glühlampen senkrecht zur Lampenachse wird vielfach, namentlich in Amerika, in der Weise bestimmt, daß man die Lampe rotieren läßt. Für Kohlefadenlampen ist diese Methode nicht einwandfrei. Denn es sind mindestens 180 Umdrehungen in der Minute erforderlich, damit man einen stetigen Gesichtseindruck erhält. Bei einer so großen Geschwindigkeit ist aber mit der Gefahr einer Lage- und Gestaltänderung des Fadens zu rechnen. Für die Metallfadenlampen, bei denen häufig infolge der vielen parallelen Fäden die Lichtverteilung eine gleichmäßigere ist als bei den Kohlefadenlampen kann die Rotationsgeschwindigkeit erheblich herabgesetzt werden, und hier ist die Rotationsmethode deshalb mit Vorteil anwendbar. Dies bestätigte die Prüfung einer Rotationsvorrichtung, die von der Deutschen Gasglühlicht-Aktiengesellschaft in Verbindung mit 3 gleichartigen Osramlampen eingesandt worden war. Der Apparat rotierte 60-mal in der Minute, wobei sich ein störendes Flimmern nicht bemerkbar machte.

Die 3 geprüften Azetylenscheinwerfer besaßen in Richtung der Reflektorachse eine Lichtstärke von etwa 2320 bezw. 2140 und 1330 HK bei einer Öffnung von 19,3 bezw. 16,4 und 13,4 *cm*. Die durchschnittliche Lichtstärke auf 1 *qcm* der Öffnungsebene des Apparates betrug demnach etwa 7,9 bezw. 10,1 und 9,4 HK. Der Spiegel des zuerst genannten Scheinwerfers wies eine größere schadhafte Stelle auf.

2. Bestrebungen für die Festsetzung von Lichtnormalien [1].

Auf der letzten Jahresversammlung des Verbandes Deutscher Elektrotechniker wurde die seit einigen Jahren bestehende Kommission für Bogenlichtnormalien aufgelöst und eine neue Licht-Normalien-Kommission eingesetzt, welche ganz allgemein alle auf Beleuchtung bezüglichen Fragen behandeln soll. In diese Kommission wurde Prof. Liebenthal seitens der Reichsanstalt delegiert. Die Kommission trat am 23. Oktober 1909 zusammen und bildete zunächst drei Unterkomitees (für Bogenlampen, Glühlampen und Beleuchtungsmessungen), in die der Genannte ebenfalls gewählt wurde. In Verfolg der Kommissionsverhandlungen hat sich der Verband an die Reichsanstalt mit dem Ansuchen gewandt, die bereits früher von ihm aufgestellten „Normalien für Bogenlampen" und „Vorschriften für die Photometrierung der Bogenlampen" anzuerkennen, bei denen die untere hemisphärische Lichtstärke als maßgebend für die photometrische Bewertung eingeführt wird. Daraufhin hat die Reichsanstalt geantwortet, daß sie sich möglichst nach den Verbandsvorschriften richten und in Zukunft in ihren Prüfungsscheinen die nach ihrer Ansicht für die Bewertung weniger wichtige untere

[1] Brodhun, Liebenthal.

hemisphärische Lichtstärke neben der sphärischen mitteilen, sowie außerdem neben dem Energieverbrauch auf 1 HK mittlere räumliche Lichtstärke auch denjenigen auf 1 HK untere hemisphärische Lichtstärke angeben werde.

Die drei Unterkomitees sind bisher je einmal zu einer Sitzung zusammengetreten.

Die im vorigen Berichte erwähnten, von England, Frankreich und Amerika ausgehenden Bestrebungen, eine neue gemeinsame Lichteinheit unter dem Namen „Internationale Kerze" einzuführen, die den Wert 1,11 HK besitzt, haben die Reichsanstalt mehrfach beschäftigt, und zwar erstens in einem Schriftwechsel mit dem *Bureau of Standards* und zweitens in mehreren Sitzungen, die gemeinsam mit deutschen Vertretern bei dieser Frage interessierter Kreise abgehalten wurden.

Anlaß zu diesen Sitzungen gab ein Antrag des britischen Komitees der Internationalen Elektrotechnischen Kommission, die bei Gelegenheit der Weltausstellung in St. Louis eingesetzt worden ist, an das deutsche Komitee, worin die Annahme der neuen Lichteinheit auch für Deutschland angeregt wird. Es herrschte in den Sitzungen Einstimmigkeit darüber, daß die neue Lichteinheit schon aus dem Grunde nicht in Deutschland eingeführt werden könne, weil sie nicht einwandfrei definiert sei, und daß infolge davon gegen die Bezeichnung der Lichteinheit als „Internationale Kerze" von deutscher Seite Einspruch erhoben werden müsse. Andererseits wurde anerkannt, daß die Einführung eines wohl definierten Lichtmaßes zur Verkörperung einer wirklichen Internationalen Lichteinheit ein erstrebenswertes Ziel sei.

Im Anschluß hieran haben neuerdings der „Verband Deutscher Elektrotechniker" und der „Deutsche Verein von Gas- und Wasserfachmännern" gemeinsam eine Eingabe an den Hrn. Staatssekretär des Innern gerichtet, dieser möge die Anregung geben zu einer gemeinsamen Arbeit der physikalischen Staatsinstitute der verschiedenen Länder behufs Herstellung einer zu internationalem Gebrauch geeigneten Lichteinheit.

3. Leuchtmittelsteuergesetz[1]). Nach dem am 1. Oktober 1909 in Kraft getretenen Leuchtmittelsteuergesetz werden bekanntlich Glühlampen nach dem Wattverbrauch besteuert. Außer diesem muß im allgemeinen die Lichtstärke auf der Lampe vom Hersteller angegeben sein. Die Nachprüfung dieser Angaben an probeweise zu entnehmenden Lampen soll nun nach den Ausführungsbestimmungen zu dem Gesetz in der Reichsanstalt und anderen vom Reichskanzler zu bezeichnenden Anstalten erfolgen. Bei der Ausarbeitung der dafür nötigen Prüfungsbestimmungen, die im Zentralblatt für das Deutsche Reich vom 15. Oktober 1909 veröffentlicht sind, hat die Reichsanstalt mitgewirkt. Es ist beabsichtigt, daß alle derartigen Prüfungen zunächst nur durch die Reichsanstalt ausgeführt werden, damit eine einheitliche Behandlung gesichert ist. Sobald aber ausreichende Erfahrungen vorliegen, sollen auch andere Anstalten, voraussichtlich in erster Linie die Elektrischen Prüfämter, mit solchen Prüfungen betraut werden. Bisher sind Anträge auf derartige Nachprüfungen noch nicht eingegangen.

4. Prüfung von Quarzplatten[2]). Während des Jahres 1909 wurden 11 Saccharimeter-Quarzplatten zur Prüfung eingesandt. Hiervon war eine Quarzplatte wegen nicht genügender optischer Reinheit für saccharimetrische Zwecke nicht geeignet.

5. Brechungsvermögen von Zuckerlösungen[3]). Wie im vorigen Tätigkeitsberichte mitgeteilt, sollen für die Zuckerpraxis die Brechungsexponenten reiner Zuckerlösungen bis zu 65% an Zucker für Natriumlicht mit einer Genauigkeit von etwa zwei Einheiten der fünften Dezimale für Temperaturen von 10° bis 35° bestimmt werden. Bei den bisherigen Versuchen haben sich das kupferne Hohlprisma und sein Erhitzungsapparat, die beide bereits im vorigen Tätigkeitsberichte näher beschrieben worden sind, gut bewährt. Der den Erhitzungsapparat in spiralförmigen Windungen durchfließende Wasserstrom wurde ständig der Wasserleitung entnommen und ließ sich mittels einer Heizspirale auf eine beliebige und genügend konstante Temperatur bringen, nachdem die Druckschwankungen der Wasserleitung und des zur Erwärmung der Heizspirale dienenden

[1]) Brodhun, Liebenthal.
[2]) Schönrock.
[3]) Schönrock.

Leuchtgases durch Einschalten eines Pulfrichschen Wasserdruckregulators sowie eines Gasdruckreglers beseitigt waren. Zur Erzielung der niedrigeren Temperaturen von etwa 10° wurde vor der Heizspirale noch eine zweite Spirale eingefügt, die sich in einer Kältemischung von Viehsalz und Eis befand.

Was die Abhängigkeit des Brechungsexponenten n einer Zuckerlösung von der Temperatur t betrifft, so haben die bisherigen Versuche ergeben, daß sich der Zusammenhang völlig innerhalb der Beobachtungsfehler bereits durch eine Form zweiten Grades

$$n = \alpha + \beta t + \gamma t^2$$

darstellen läßt. Werden die Konstanten α, β, γ nach der Methode der kleinsten Quadrate bestimmt, so beträgt der mittlere Beobachtungsfehler der einzelnen Messung in n nur fünf Einheiten der sechsten Dezimale; die oben verlangte Genauigkeitsgrenze ist demnach weit übertroffen worden. Dabei ist zu bemerken, daß die systematischen Fehler zusammen (von der Reinheit der Zucker abgesehen) selbst für die höchste Temperatur 35° sich nur auf höchstens drei Einheiten der sechsten Dezimale belaufen können. Inwieweit die geringen Unreinheiten der benutzten Zuckersorten den Brechungsexponenten beeinflussen, bleibt noch zu untersuchen.

6. Untersuchung von Prismen aus Flußspat und Quarz[1]).

Wie vor Jahren in der Reichsanstalt (Tätigkeitsbericht für 1900, *diese Zeitschr.* **21.** *S. 150. 1901*) festgestellt worden ist, differiert die Drehung der Polarisationsebene pro *mm* Quarz und somit auch schon die Differenz der beiden Brechungsexponenten der zwei Wellen in der Richtung der optischen Achse bis zu 0,09 % für verschiedene Quarze. Damit war zum ersten Male entgegen der bis dahin allgemein gültigen Annahme nachgewiesen, daß optisch reine Quarze beträchtliche Verschiedenheiten in ihren optischen Eigenschaften aufweisen, ein Resultat, das durch die späteren Untersuchungen von Macé de Lépinay und Buisson bestätigt wurde. Ähnlich wie beim Quarz ist es nun auch beim Flußspat für die Wissenschaft (z. B. bei Strahlungsmessungen) und praktische Optik (Herstellung von Quarz-Flußspat-Achromaten) von Wichtigkeit zu wissen, inwieweit einigermaßen gute Flußspatstücke in optischer Beziehung identische Eigenschaften aufweisen. Aus diesem Grunde wurden von drei Flußspatprismen, die zur Zeit in der Reichsanstalt bei Strahlungsmessungen benutzt werden, mit möglichster Genauigkeit die Brechungsexponenten n für Na-Licht, d. h. die Mitte der beiden D-Linien (also die Wellenlänge 589,30 $\mu\mu$ in Luft von 20° und 760 *mm* Druck) bestimmt. Bei allen drei Prismen beträgt der brechende Winkel etwa 60°. Es hat

Prisma	A	Flächen	von	40 *mm*	Höhe	und	40 *mm*	Breite,
„	B	„	„	34 „	„	„	45 „	„ ,
„	C	„	„	53 „	„	„	51 „	„ .

Alle drei Prismen, zumal C, enthalten sichtbare Inhomogenitäten. Die Prismenflächen sind sämtlich im großen und ganzen konkav, nur am Rande konvex; der Krümmungsradius des konkaven Teils beträgt aber selbst bei der schlechtesten Fläche schon 0,9 *km*. Die Prismen ließen sich daher so justieren, daß durch die mangelhafte Ebenheit der Flächen merkliche Fehler in n nicht hervorgerufen werden konnten.

Gegen Luft von 20,0° und 760 *mm* Druck ergab

Prisma A	$n_{20,0^\circ}$ =	1,433837,
„ B		1,433832,
„ C		1,433830.

Diese Brechungsexponenten sind auf acht Einheiten der sechsten Dezimale verbürgbar; diese Ungenauigkeit ist zum großen Teil durch die Unsicherheit in der Temperatur des Prismas bedingt. Für etwaige Verschiedenheiten in n kommt indessen nur die relative Genauigkeit in Betracht, welche mindestens fünf Einheiten der sechsten Dezimale beträgt. Mithin ist ein Unterschied in den Brechungsexponenten der drei Prismen nicht mit Sicherheit nachweisbar; etwaige Unterschiede bleiben sicherlich unter $\pm 0{,}0_5 8$. Es sei noch bemerkt,

[1]) Schönrock.

daß auch in verschiedenen Höhen des Prismas C ein Unterschied in n sich nicht mit Sicherheit feststellen läßt. Im Mittel ist für die drei Prismen $n_{20,0^0} = 1{,}433833$.

Um die Beobachtungen auf 20° reduzieren zu können, wurde mit Prisma C noch der Temperaturkoeffizient in gleich temperierter Luft von 760 *mm* Druck für Na-Licht zu $dn/dt = -0{,}0_599$ (mit einer absoluten Genauigkeit von sechs Einheiten der letzten Stelle) bei 22° bestimmt. Der Wert kann, wie aus den Resultaten anderer Beobachter bei höheren Temperaturen zu schließen ist, zwischen 16° und 32° benutzt werden.

Ferner wurde ein gleichfalls zu Strahlungsmessungen in der Reichsanstalt dienendes Quarzprisma genau auf Brechungsvermögen und Lage der optischen Achse des Quarzes untersucht. Das Prisma von etwa 60° brechendem Winkel hat Flächen von 52 *mm* × 52 *mm*, die, von dem konvexen Rand abgesehen, konkav sind mit einem Krümmungsradius von etwa 1,8 *km*. Wie oben beziehen sich die folgenden Brechungsexponenten bei 20,0° auf Na-Licht gegen Luft von 20,0° und 760 *mm* Druck.

In der zu den beiden Seiten des Prismas gleich geneigten Richtung E pflanzen sich eine ordentliche und eine außerordentliche Welle fort mit den Brechungsexponenten

$$n_o = 1{,}544179 \quad \text{und} \quad n_\varepsilon = 1{,}544253\,,$$

deren absolute Genauigkeit sieben Einheiten der sechsten Dezimale beträgt. Die Differenz ergibt sich genauer zu

$$n_\varepsilon - n_o = 0{,}0000742$$

mit einer absoluten Genauigkeit von $0{,}0_515$.

Bezeichnet nun ϱ den Winkel, welchen die Wellennormalen im Quarz mit der optischen Achse bilden, so folgt aus der Drehung der Polarisationsebene

$$(n_\varepsilon - n_o)_{\varrho = 0^0} = 0{,}00007114\,,$$

ein Wert, der um $\pm 0{,}0_73$ für verschiedene Quarze schwanken kann. Nach früheren Messungen im Optischen Laboratorium (*diese Zeitschr.* ***22.*** *S. 13. 1902*) ist noch

$$(n_\varepsilon - n_o)_{\varrho = 90^0} = \varepsilon - \omega = 0{,}009106\,.$$

Nun folgt aus der v. Langschen Theorie zur Berechnung der Brechungsquotienten der beiden Wellen für jede beliebige Richtung ϱ der Ausdruck

$$\frac{1}{n^2} = \frac{1}{\omega^2} - \frac{1}{2}\left(\frac{1}{\omega^2} - \frac{1}{\varepsilon^2}\right)\sin^2\varrho \pm \sqrt{\frac{1}{4}\left(\frac{1}{\omega^2} - \frac{1}{\varepsilon^2}\right)^2 \sin^4\varrho + \frac{\cos^4\varrho}{\chi^4}}\,,$$

worin die Größe χ für die Zirkular-Polarisation charakteristisch ist (für einen gewöhnlichen einachsigen Kristall ist $\chi = \infty$). Nach dieser Gleichung ergibt sich alsdann mit Hülfe der obigen Werte der Reihe nach

$$\frac{1}{\chi^4} = 0{,}0_937323\,, \qquad 1)$$

Winkel zwischen Richtung E und optischer Achse $\varrho = 2{,}8^0$ 2)

(dieser muß entsprechend der oben angegebenen Genauigkeit von $n_\varepsilon - n_o = 0{,}0_4742$ zwischen 2,4° und 3,1° liegen),

$$\omega = 1{,}544205 \quad \text{und} \quad \varepsilon = 1{,}553311 \qquad 3)$$

(ω und ε können für verschiedene Quarze schon um etwa $\pm 0{,}0_58$ schwanken),

$$n_{o,\,\varrho = 0^0} = 1{,}544169 \quad \text{und} \quad n_{\varepsilon,\,\varrho = 0^0} = 1{,}544240\,. \qquad 4)$$

Es wird beabsichtigt, die v. Langsche Theorie genauer in der Weise zu prüfen, daß man aus einer Planparallelplatte mit bekannter Achsenlage ein Prisma herausschneidet, bei welchem dann die Lage der optischen Achse von vornherein bekannt ist. Eine genaue Kenntnis der Beschaffenheit der Wellenfläche des Quarzes ist z. B. auch von Wichtigkeit für manche Fragen über die Drehung der Polarisationsebene.

7. Dioptrische Prüfungen[1]). Es wurden 21 Glassorten auf ihr Brechungsvermögen für Na-Licht untersucht.

---

[1]) Brodhun, Schönrock.

8. *Metalloptik*[1]).

Die Versuche, über welche der Kgl. Akademie der Wissenschaften im März 1909 berichtet[2]) worden ist, verfolgten den Zweck, festzustellen, in welcher Weise das Emissionsvermögen der Metalle von der Temperatur abhänge. Sie waren mit Reststrahlen von Flußspat ($\lambda = 26\,\mu$) und von Quarz ($\lambda = 8{,}85\,\mu$) bei Temperaturen bis 500° mit einer Anzahl von Metallen und Legierungen von möglichst verschiedenen elektrischen Temperatur-Koeffizienten ausgeführt worden. Das Versuchsergebnis war, daß für die genannten Wellenlängen die Änderungen des Emissionsvermögens J, welche die Metalle bei den verschiedenen Temperaturen zeigen, lediglich bedingt sind durch die diesen Temperaturen entsprechenden Änderungen des elektrischen Leitungswiderstandes, und zwar in der Weise, wie es die Formel $J = 36{,}5\sqrt{\frac{\sigma}{\lambda}}$ (σ = spezifischer Widerstand pro *m* und *qmm*, λ = Wellenlänge in μ) verlangt. Da hierbei $J = 100 - R$ ist, so ergibt diese Formel auch unmittelbar die Änderungen des Reflexionsvermögens R mit der Temperatur.

Auf der anderen Seite aber ist aus den Messungen anderer Beobachter bekannt, daß die optischen Konstanten der Metalle innerhalb des *sichtbaren* Spektralgebietes keine oder kaum merkliche Änderungen mit der Temperatur zeigen. Es muß also die obige Formel in dem Strahlengebiet zwischen 0,8 und 8,85 μ ihre Gültigkeit verlieren. Gegenstand der Untersuchung in dem Berichtsjahre war es, dies zu erforschen.

Zunächst wurden die für $\lambda = 26\,\mu$ und $\lambda = 8{,}85\,\mu$ angestellten Reststrahlen-Versuche mit Reststrahlen von Kalkspat ($\lambda = 6{,}65\,\mu$) wiederholt. Sie ergaben, daß auch für diese Wellenlänge die Formel $J = 36{,}5\sqrt{\frac{\sigma}{\lambda}}$ gilt.

Für kürzere Wellen wurde spektrale Zerlegung in einem mit einer Rubensschen Thermosäule und einem Flußspat-Prisma versehenen Spiegel-Spektrometer benutzt und die Energie gemessen, welche ein auf verschiedene Temperaturen zwischen 400° und 1400° erhitzter *Platin*- bezw. *Platin-Rhodium*-Streifen bei den Wellenlängen 2, 4, 6 μ aussendet. Die diesen Energiemengen entsprechenden Galvanometerausschläge dividiert durch die entsprechenden Werte der Planckschen Isochromate des schwarzen Körpers und mit 100 multipliziert lieferten sodann die Emissionsvermögen für die verschiedenen Temperaturen. Es ergab sich, daß für $\lambda = 2\,\mu$ sowohl bei dem reinen Platin wie bei dem Platin-Rhodium der Temperaturkoeffizient für das Emissionsvermögen Null ist. Bei $\lambda = 4\,\mu$ aber betrug der optisch bestimmte Temperaturkoeffizient für das Platin etwa $^2/_3$, für das Platin-Rhodium etwa $^9/_{10}$ desjenigen Wertes, den die Formel $J = 36{,}5\sqrt{\frac{\sigma}{\lambda}}$ ergibt. Bei $\lambda = 6\,\mu$ endlich ergab sich Übereinstimmung des „optischen“ und des „elektrischen“ Temperaturkoeffizienten.

Um die Versuche auf andere Metalle und Wellenlängen ausdehnen zu können, wurde untersucht, wie sich das *Reflexionsvermögen* im Gebiete der Wellen $\lambda = 1$ bis 5 μ mit der Temperatur ändere. Zu dem Zwecke wurden je 2 längliche Spiegel aus den betreffenden Metallen (Nickel, Stahl, Spiegelmetall, Konstantan) hergestellt, die in ein elektrisches Öfchen eingelegt und in ihnen liegend bei den Temperaturen 20°, 200° und 300° untersucht werden konnten. Als Strahlungsquelle diente eine Nernst-Lampe, deren Strahlen, bevor sie auf den Spalt des Spektrometers fielen, eine 6-malige Reflexion an den beiden, einander gegenüber stehenden Spiegeln erfuhren. Der von der Thermosäule gelieferte Galvanometerausschlag ist dann proportional der 6. Potenz des Reflexionsvermögens. Daraus und aus den für Zimmertemperatur bekannten Werten des Reflexionsvermögens kann dann der Temperaturkoeffizient des Emissionsvermögens berechnet werden.

Die bisher für Nickel, Konstantan und Spiegelmetall durchgeführten Versuche ergaben, daß das *Konstantan* an keiner Stelle des Spektrums zwischen 2 und 5 μ eine Änderung des Reflexionsvermögens mit der Temperatur zeigt.

[1]) Hagen, Rubens.

[2]) *Sitzungsber. der Berl. Akad. 1909. S. 478—492.*

Abweichend davon besitzt das *Nickel* für 0,78, 1 und 2 μ verschwindend kleine Temperaturkoeffizienten, die aber von 3 μ an wachsen und für 5 μ bereits nahezu den aus elektrischen Widerstandsbestimmungen zwischen 0° und 300° ermittelten Wert 0,0063 erreichen.

Dies geht aus nachstehender Tabelle hervor, deren zweite Spalte diejenigen Temperaturkoeffizienten des elektrischen Widerstandes enthält, welche sich beim Nickel aus den für die verschiedenen Temperaturen beobachteten Reflexions- bezw. daraus berechneten Emissionsvermögen mittels der Formel

$$J = (100 - R) = 36{,}5\sqrt{\frac{\sigma}{\lambda}}$$

für die verschiedenen λ ausrechnen lassen:

$$w_t = w_0\,(1 + \alpha\, t)$$

λ	α
0,78 μ	0
1	− 0,00003
2	+ 0,00010
3	+ 0,00056
4	+ 0,00165
5	+ 0,00518

Ein analoges Verhalten zeigte das *Spiegelmetall.*

V. Chemische Arbeiten.

1. Verwitterung von Glas[1].

Die orientierende Untersuchung über die Messung der Verwitterbarkeit des Glases ist nahezu beendet.

Viele einzelne Versuche über die Wirkung ätherischer Eosinlösung an Bruchflächen technischer Glasarten haben folgende Tatsachen ergeben.

1. Die Jodeosin-Mengen, welche auf der Einheit der frischen Bruchfläche verschiedener Glasarten aus ätherischer Lösung in einer Minute niedergeschlagen werden, sind äquivalent der Summe der reagierenden basischen Bestandteile und bringen also die „Basenreaktion" jeden Glases zu vergleichbarem Ausdruck. An dieser Reaktion können außer Kali und Natron noch Kalk, Baryt, Magnesia, Zinkoxyd und Bleioxyd beteiligt sein.

2. Mit der Intensität der Basenreaktion wächst bei vielen Glasarten auch deren Verwitterbarkeit. Es gibt aber andererseits Glasarten von sehr geringer Basenreaktion und sehr starker Verwitterbarkeit (z. B. leichte Borosilikate), sowie von mäßig großer Basenreaktion und geringer Verwitterbarkeit (schwere Baryt- und Flintgläser).

3. Die Werte der Basenreaktion ergeben sonach nur einen Anhalt, aber kein genaues Maß für die Verwitterbarkeit der Glasarten.

Beträgt der Wert der Basenreaktion mehr als 30 Milligramm Jodeosin auf 1 Quadratmeter der Bruchfläche, so kann das Glas im Sinne der Wetterbeständigkeit für *mangelhaft* gelten.

4. Noch weniger als die kurze Eosin-Minutenprobe läßt sich bei *schweren* (baryt-, blei- und zinkhaltigen) Glasarten eine *länger* dauernde Berührung mit der ätherischen Eosinlösung zur Beurteilung der Verwitterbarkeit verwenden. Die Absorption des Eosins nimmt hier mit der Eintauchzeit in jedem Falle erheblich zu, wobei schwer lösliche eosinsaure Salze des Bleies u. s. w. gebildet werden.

Mithin kann die Beobachtung der wirklichen „Verwitterung" nicht entbehrt werden.

5. Zur direkten Prüfung der Wetterbeständigkeit kann *bei allen Glasarten* (an Stelle einer jahrelangen Dauerverwitterung geschliffener Objekte) eine abgekürzte Probe dienen, bei welcher frische Bruchstücke eine Woche lang der Wirkung mit Wasser gesättigter Luft bei 18° ausgesetzt werden; darauf folgt die Eosin-Minutenprobe, welche nunmehr die *Wetteralkalität* des Glases angibt. Jede Glasart wird also an gesonderten Bruchstücken zwei Parallelversuchen ausgesetzt, von denen der eine die Basenreaktion des frischen Glases, der

[1]) Mylius, Groschuff.

andere diejenige des verwitterten Glases — die Wetteralkalität — ergibt. Der Vergleich beider Werte führt zur Beurteilung der Verwitterbarkeit (Wetterbeständigkeit).

25 schwere Glasarten von definierter Zusammensetzung, welche die Firma Schott & Gen. für diese Versuche in geschliffenen Platten zur Verfügung gestellt hatte, ergaben bei der Prüfung folgende Werte:

Milligramm Jodeosin auf 1 Quadratmeter Bruchfläche.

	Glasart	*Basenreaktion*, direkte Eosinprobe	*Wetteralkalität* nach der Verwitterung von		
			1 Tag	1 Woche	1 Monat
a	Schwerstes Bleisilikat	3,5		4	
b	Baryt-Flint	11	4	3,5	3,5
c	„ „	12,5	7	4,5	3,5
d	„ „	14	7	6	3,5
e	„ „	19	10	5	3,5
f	Baryt-Silikat-Kron	15	8	5	4
g	Silikat-Flint	15	11	5	5
h	Baryt-Flint	12	5	5	6
i	„ „	13	6	5	5
k	„ „	13	6	5	5
l	Silikat-Flint	20	10	6	6
m	Zink-Kron	7	6	6	6
n	Baryt-Flint	15	7	7	8
o	Silikat-Flint	16	10	7	6
p	„ „	19	12	7	6
q	„ „	26	12	7	6
r	„ „	22	13	8	11
s	„ „	20	12	8	8
t	Baryt-Silikat-Kron	12	9	9	9
u	Silikat-Flint	22	15	16	30
v	„ „	19	18	17	20
w	Zink-Kron	25	21	18	12
x	Silikat-Flint	25	21	18	13
y	Baryt-Flint	26	28	27	23
z	Baryt-Silikat-Kron (Engl. Kron) .	16	28	28	32

6. Wie die Zusammenstellung zeigt, ergibt die Wetteralkalität nur bei manchen weniger guten Glasarten größere, bei den meisten schweren Glasarten aber geringere Werte als die ursprüngliche Basenreaktion. Dies rührt her von einer im ersten Stadium der Verwitterung vor sich gehenden günstigen Veränderung des Glases, in deren Folge Bleioxyd, Zinkoxyd, Baryt und Kalk vor dem Übergang in den Verwitterungsbeschlag geschützt und dem Nachweis durch ätherische Eosinlösung entzogen werden; als wirksame Bestandteile des Verwitterungsbeschlages treten also, im Sinne der Beobachtungen von Warburg und Ihmori[1]), nur alkalische Salze von Kali und Natron auf. Daß die an den *Bruchflächen* bestimmten Werte der Wetteralkalität tatsächlich auch die Reihenfolge der natürlichen Dauerverwitterung an geschliffenen Glasplatten ergibt, wurde, wie früher bei den leichten Glasarten (s. den Tätigkeitsbericht für 1907, *diese Zeitschr.* ***28.*** *S. 184. 1908*) durch Parallelversuche des Hrn. Dr. Zschimmer von der Firma Schott & Gen. in Jena festgestellt, bei welchen 24 geschliffene Plättchen der gleichen Glasarten in einem hermetisch geschlossenen Gefäß einer zweijährigen Dauerverwitterung ausgesetzt wurden. Die mikrophotographische Untersuchung der sichtbaren Verwitterungsbeschläge ergab bei diesen Versuchen von Zschimmer hinsichtlich ihrer Intensität im wesentlichen die in der Tabelle bezeichnete Reihenfolge.

[1]) Warburg und Ihmori, *Wied. Ann.* ***27.*** *S. 481. 1885.*

Gemäß eingehender Versuche erstreckt sich die Anwendbarkeit der beschriebenen Prüfung auf alle technischen Glasarten, ist aber besonders wichtig für die Beurteilung der Haltbarkeit optischer Gläser, deren beständigere Typen um den zwanzigfachen Betrag der Eosinwerte wechseln; bei einzelnen leicht zersetzbaren Typen steigen die Werte jedoch auf das Tausendfache.

2. Reines Eisen[1]. Das gereinigte, auf chemischem Wege aus Nitrat hergestellte Eisen läßt sich leicht schmieden, enthält dann aber ein wenig Hammerschlag.

Das Schmelzen und Gießen des Nitrateisens ist schwierig und erfordert zur Vermeidung von Verunreinigungen große Vorsicht. Die von der Firma C. A. F. Kahlbaum in Berlin gegossenen Stäbe zeigen im Innern oft Hohlräume, welche durch Austritt von Gasen entstanden sind. Bei der magnetischen Untersuchung ergab sich die Koerzitivkraft zu 1,0 gegenüber 1,4 im geschmiedeten Zustand.

Die chemische Untersuchung macht einen kleinen Gehalt an Sauerstoff wahrscheinlich.

Die Verfolgung der Frage nach reinem Eisen erfordert eine Verfeinerung der analytischen Methoden zur Bestimmung kleiner Mengen von Kohlenstoff, Sauerstoff, Wasserstoff u. s. w. im Metall. Ein weiterer Fortschritt der Reinigung ist von dem elektrolytischen Verfahren zu erwarten. Dieser Weg bietet gegenüber dem chemischen Verfahren, welches das Eisen pulverförmig liefert, den großen Vorteil dar, nichtmetallische Fremdkörper (Sand, Staub u. dgl.), sowie auch den Sauerstoff von der Vermischung mit dem Metall ausschließen zu können.

3. Platin und Leuchtgas[2]. Die Versuche über die zerstörende Einwirkung des Leuchtgases auf die Platinmetalle wurden fortgesetzt.

Bei Parallelversuchen einerseits mit reinem Platinblech, andererseits mit solchem von 3,5% Iridiumgehalt ergab sich im letzteren Fall eine verstärkte Rußbildung. Bei 650° gelangten z. B. auf Blechen von 8 *qcm* Oberfläche bei mäßigem Gasstrom in einem Glasrohr zur Abscheidung

	auf reinem Platin	*auf Platin mit 3,5% Iridium*
während 1 Stunde	14 *mg*	29 *mg* Kohle,
„ 2 Stunden	19 „	55 „ „ ,
„ 6 „	58 „	409 „ „ .

Bei höherer Temperatur werden die vergleichenden Beobachtungen durch die freiwillige Zersetzung des Leuchtgases im Porzellanrohr und von etwa 1000° ab durch die Abscheidung langfaserigen Graphites erschwert.

Nach der Berußung zeigt sich der stärkere Angriff des iridiumhaltigen Bleches bei der Verbrennung der Kohle an der wesentlich stärkeren Korrosion und Gewichtsabnahme gegenüber dem reinen Platin.

Noch deutlicher zerstörend wirkt das Leuchtgas, wenn das verunreinigte Platinblech sich mit Oxyden wie Kalk, Magnesia oder Tonerde (Schamotte) in Berührung befindet. Hier tritt leicht ein völliges Durchfressen an der Berührungszone ein. Der festgestellte schädliche Einfluß des Iridiums auf die Haltbarkeit des Platins scheint indessen nicht groß genug, um die tatsächlich zwischen guten und schlechten Platingeräten beobachteten auffälligen Unterschiede der Korrosion zu erklären. Ein kleiner Gehalt an Eisen und anderen unedlen Metallen ist ebenfalls von geringem Einfluß.

Zwei derartige, für die Erhitzung mit Leuchtgas bestimmte, hinsichtlich der Haltbarkeit im technischen Gebrauch probierte Gefäße ergaben bei der Analyse die nachstehende Zusammensetzung.

Abgesehen von dem in beiden Fällen gleich gefundenen Iridiumgehalt enthält das schlechte Gefäß im Gegensatz zum guten 0,2% *Rhodium*. Diese Verunreinigung vor allen

[1]) Mylius, Groschuff, Gumlich.
[2]) Mylius, Hüttner.

anderen macht mit Wahrscheinlichkeit das technische Platin minderwertig[1]) für Geräte, welche mit Leuchtgas erhitzt werden sollen.

	Gutes Platingefäfs: schwer berußbar, schwach korrodierbar	*Schlechtes Platingefäfs:* leicht berußbar, stark korrodierbar
Gold	0,3 %	—
Silber	Spur	Spur
Kupfer	0,2 %	0,1 %
Eisen	0,12 „	0,18 „
Palladium	0,12 „	0,08 „
Rhodium	0,02 „	0,2 „
Iridium	1,7 „	1,7 „
Platin	etwa 97,5 „	etwa 97,7 „

Zur Prüfung dieser Annahme sollen die Versuche mit rhodiumhaltigen Blechen fortgeführt werden, besonders auch mit Rücksicht auf die Veränderungen, welche Thermoelemente aus Platin-Rhodium in Flammengasen zeigen.

4. Metallbeizen[2]).

Die Arbeiten über die Färbung der Metalle durch Beizen sind vom Chemischen Laboratorium in Gemeinschaft mit der Werkstatt fortgesetzt worden.

Während Messing und andere zinkhaltige Kupferlegierungen sich durch ammoniakalische Kupferlösung schwarz färben lassen, gelingt dies nicht mit reinem Kupfer. Hier war man bisher auf das Schwarzbrennverfahren angewiesen.

Eingehende Versuche haben nun ergeben, daß man auch das Kupfer auf nassem Wege mit einer Schicht von schwarzem Kupferoxyd überziehen kann, wenn man es mit verdünnter Natronlauge unter Zusatz von Oxydationsmitteln wie Kaliumpermanganat, Chromat u. s. w. erwärmt. Am besten hat sich das Kaliumpersulfat ($K_2 S_2 O_8$) bewährt, mittels dessen man bei 100° eine haltbare Schwarzfärbung in 10 Minuten erreichen kann. In gleicher Weise lassen sich auch Kupferzinnlegierungen (Bronze u. s. w.), weniger leicht aber Aluminiumbronze schwarz färben.

Auf die Färbungen des Kupfers wird deshalb besonderer Wert gelegt, weil sich alle Metalle, bei welchen die direkte Beizfärbung Schwierigkeiten macht (z. B. auch mit Zinn gelötete Gegenstände) galvanisch verkupfern lassen. Man erhält dadurch für die spätere Färbung eine einheitliche Unterlage. Es liegt nahe, daß auch die Mechanik gelegentlich von diesem Verfahren Gebrauch macht, welches bekanntlich dem *Zinkgufs* so vielfache Anwendung in Technik und Haushaltung verschafft hat.

Nach den vorliegenden Erfahrungen ist es verhältnismäßig leicht, die verschiedenen Metalle durch Beizen *schwarz* zu färben. In einzelnen Fällen sind auch lichte Färbungen zu erzielen.

Nicht zu verwirklichen ist aber das Problem, ungleichartige Metalle durch einfaches Eintauchen in eine Beizflüssigkeit mit einer bestimmten, nach Belieben gewählten Färbung zu versehen. Einerseits kommt hier die Reaktionsverschiedenheit der Metallunterlage störend in Betracht. Andererseits sind die einfachen, bei solchen Reaktionen zu erwartenden Metallverbindungen zumeist entweder farblos (wie bei Zink, Aluminium, Magnesium) oder schwarz (Kupferoxyd-Sulfid, Kobaltoxyd, Bleisulfid u. s. w.). Von den licht gefärbten Metallverbindungen findet das ungesättigte Kupferoxydul (zur Braunfärbung) am meisten Verwendung.

Leicht oxydierbare Metalle (Zink, Messing u. s. w.) können auch durch *organische* Farbstoffe (Jodeosin, Anilinfarben u. s. w.) mannigfach gefärbt werden; doch gelten die Färbungen meist für unecht.

Nicht ernstlich in Betracht zu ziehen sind für die Feinmechanik die Beizverfahren, welche Arsen und Antimon als eisengraue Schicht auf Kupfer und seinen Legierungen

[1]) Vgl. den Tätigkeitsbericht für 1908, *diese Zeitschr.* **29.** *S. 191/192. 1909.*

[2]) Mylius, Groschuff, Göpel.

niederschlagen. Diese an sich sehr schönen Überzüge sind nicht haltbar; sie werden nämlich an der Luft durch Oxydation fleckig und mißfarbig und bedürfen daher zu ihrem Schutze eines Lacküberzuges.

Rationeller erscheint es, derartige metallische Schichten, wenn nötig, auf *elektrolytischem Wege* herzustellen. Die Anwendung dieses Prinzipes, welches in der Denkschrift der Deutschen Gesellschaft für Mechanik und Optik vom 10. November 1906 keine Erwähnung gefunden hat, wird bei einer erfinderischen Tätigkeit auf dem Gebiete der Metallfärbung nicht entbehrt werden können.

5. Goldanalyse[1]. Bei der analytischen Untersuchung über die Legierungen des Goldes wurde ein Verfahren ausgearbeitet, bei welchem das Gold durch Ausschütteln der Chloridlösung mit Äther von den Verunreinigungen getrennt wird. Bei der Fortsetzung der Arbeit wird auf die möglichst genaue Bestimmung des Goldes in seinen Kupferlegierungen besonderer Wert gelegt werden.

6. Chemische Probiermethoden[2]. Die fortwährend steigende Mannigfaltigkeit der Glasarten und der Metallegierungen erfordert eine bequeme Unterscheidung der einzelnen Arten. Bei dem großen Arbeits- und Zeitaufwand, welchen die *genaue* chemische Analyse erfordert, tritt in Werkstatt und Laboratorium ein deutliches Bedürfnis nach einfachen Probiermethoden hervor, welche in wenigen Minuten eine Orientierung über die Hauptbestandteile des vorliegenden Materials und somit eine bequeme generelle Unterscheidung auf chemischer Grundlage erlauben. Mit der Ausarbeitung solcher „Schnellmethoden“ ist begonnen worden.

VI. Arbeiten der Werkstatt.

1. Neukonstruktionen und technologische Arbeiten[3]. Konstruktionszeichnungen wurden für folgende größeren Apparate ausgeführt:

für ein heizbares Manometer bis 90 *mm* Maximaldruck,
für eine Torsionswage zur Bestimmung von Drehmomenten an Elektrizitäts-Zählern,
für einen Schrank zur Aufbewahrung von Normalwiderständen unter konstanter Feuchtigkeit,
für einen Apparat zur Untersuchung der Teilungsfehler von Zahnrädern.

Der letztgenannte Apparat beruht auf dem Prinzip, daß von zwei im Eingriff stehenden Zahnrädern das eine eine berußte Blechscheibe, das andere einen Schreibstift trägt, sodaß beim Drehen der Zahnräder auf der Blechscheibe eine Serie von Epizykloiden aufgezeichnet wird, an denen der Winkelabstand homologer Kurvenelemente durch Vergleichung mit einer Kreisteilung bestimmt wird. Es wurden mit dieser Einrichtung an Zahnrädern einer Leitspindelbank befriedigende Vorversuche vorgenommen, welche fortgeführt werden sollen.

Mit einer vom Chemischen Laboratorium der Reichsanstalt ausgearbeiteten Vorschrift für das Schwarz-Beizen wurden eine Reihe von Färbungen vorgenommen und auf Tombak und Kupfer günstige Erfolge erzielt.

2. Herstellung von Apparaten u. s. w. Neben einer großen Zahl kleinerer Arbeiten und Reparaturen wurden folgende größeren Apparate ausgeführt:

1 Zahnrad-Vorgelege,
6 Mikrometerschrauben,
1 Apparat zur Untersuchung der Teilungsfehler von Zahnrädern,
2 Sphärometer
4 Petroleumbäder für elektrische Widerstände,
3 Transformatoren-Spulen,
3 Drehkondensatoren,
2 Parabolspiegel mit Aufstellung,
2 Schnappschalter,
6 Lampenwiderstände,

---

[1] Mylius.
[2] Mylius, Hüttner, Groschuff.
[3] Göpel.

2 Spulen für magnetische Untersuchungen,
1 Schleuderapparat für ärztliche Thermometer mit Antriebsvorrichtung,
2 Köpfe für Widerstandsthermometer,
1 heizbares Manometer für Drucke bis zu 90 *mm*,
1 Drehvorrichtung zum Photometrieren von Glühlampen,
1 Flüssigkeitsprisma mit Temperiervorrichtung,
1 Vorrichtung zum Ausmessen von Spektrallinien,
je 1 Parallelspiegel aus Spiegelmetall, Stahl, Nickel und Konstantan.

Mit Beglaubigungs- und Prüfungsstempeln wurden versehen *3. Stempelungen.*

35 Stimmgabeln beglaubigt,
17 „ gestempelt,
13 Schraubenspindeln,
1 Tachometer,
119 Widerstände und Normalelemente,
193 Stäbe und Blechstreifen aus Stahl und Eisen für magnetische Untersuchungen,
10 Kalorimeter,
66 Hefnerlampen,
16 Quarzfassungen.

Der Präsident der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt
(gez.) Warburg.

Anhang.

Veröffentlichungen der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt.

Allgemeines.

1. Die Tätigkeit der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt im Jahre 1908. *Diese Zeitschr.* ***29.*** *S. 103—118, 143—163, 179—196. 1909.*
2. Prüfungsbestimmungen der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt. Teil W 1: Thermometer. *Zentralbl. f. d. Deutsche Reich 1909. S. 194—203.*
3. Bekanntmachung über Prüfungen und Beglaubigungen durch die Elektrischen Prüfämter. Nr. 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46. *Zentralbl. f. d. Deutsche Reich 1908. S. 540; 1909. S. 32, 38, 63, 139, 301, 304, 312, 300, 780, 1327, 1337, 1398; Elektrotechn. Zeitschr.* ***30.*** *S. 109—111, 131, 257, 279—280, 378—380, 421—422, 519—520, 751—752, 805—806, 925—926, 976—977, 1100—1103, 1126—1127, 1174—1175, 1242—1243, 1909;* ***31.*** *S. 37. 1910.*

Abteilung I.

Amtliche Veröffentlichungen.

4. Holborn und Henning, Eine neue Bestimmung des Sättigungsdruckes von Wasserdampf zwischen 50 und 200°. *Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing.* ***51.*** *S. 302—304. 1909.*
5. Scheel und Heuse, Bestimmung des Sättigungsdruckes von Wasserdampf unter 0°. *Ann. d. Physik* ***29.*** *S. 723—737. 1909.*
6. Thiesen, Die Dampfspannung über Eis. *Ann. d. Physik* ***29.*** *S. 1057—1062. 1909.*
7. Scheel und Heuse, Über den Sättigungsdruck des Wasserdampfes zwischen 0° und + 50°. *Ann. d. Physik* ***31.*** *S. 715. 1910.*
8. Scheel und Heuse, Zwei Quecksilbermanometer für niedrige Drucke. *Diese Zeitschr.* ***29.*** *S. 344—349. 1909.*
9. Scheel und Heuse, Ein heizbares Quecksilbermanometer für Drucke bis 100 *mm*. *Diese Zeitschr.* ***30.*** *S. 45—47. 1910.*

10. **Henning**, Die Verdampfungswärme des Wassers zwischen 100 und 180° C. *Ann. d. Physik* **29.** *S. 441—465. 1909.*
11. **Henning**, Die Verdampfungswärme des Wassers und das spezifische Volumen seines Dampfes zwischen 30 und 180° C. *Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing.* **51.** *S. 1768—1769. 1909.*
12. **Jaeger und Lindeck**, Die internationale Konferenz über elektrische Einheiten und Normale zu London im Oktober 1908. *Elektrotechn. Zeitschr.* **30.** *S. 344—348. 1909.*
13. **Gehrcke und v. Wogau**, Magnetische Messungen. *Verhandl. d. Deutsch. Physikal. Gesellsch.* **11.** *S. 664—681. 1909.*
14. **Gehrcke**, Über ein planparalleles Interferenzprisma. *Verhandl. d. Deutsch. Physikal. Gesellsch.* **11.** *S. 141—145. 1909.*
15. **Gehrcke und Leithäuser**, Über Gitterkopien mit metallischer Oberfläche. *Verhandl. d. Deutsch. Physikal. Gesellsch.* **11.** *S. 311—313. 1909.*
16. **Janicki**, Die Beschaffenheit der Spektrallinien der Elemente. I. *Ann. d. Physik* **29.** *S. 833—868. 1909.*
17. **Reichenheim**, Über die Elektrizitätsleitung in elektronegativen Dämpfen und A_1-Strahlen. *Verhandl. d. Deutsch. Physikal. Gesellsch.* **11.** *S. 168—178. 1909.*
18. **v. Baeyer und Gehrcke**, Über den Zeemaneffekt in schwachen Magnetfeldern. *Ann. d. Physik* **29.** *S. 941—955. 1909.*

Private Veröffentlichungen.

19. **Warburg**, Über chemische Reaktionen, welche durch die stille Entladung in gasförmigen Körpern herbeigeführt werden. *Jahrb. d. Radioaktivität u. Elektronik* **6.** *S. 181—229. 1909.*
20. **Warburg**, Bemerkungen über photochemische Wirkung. II. *Verhandl. d. Deutsch. Physikal. Gesellsch.* **11.** *S. 654—660. 1909.*
21. **Gehrcke**, Die Strahlen der positiven Elektrizität. XI, 124 S. Leipzig, S. Hirzel 1909.
22. **Gehrcke**, Die Strahlen der positiven Elektrizität. *Zeitschr. f. Balneologie, Klimatologie u. Kurort-Hygiene* **2.** *S. 525—532. 1909/1910.*
23. **Reichenheim**, Über die Erzeugung von Fluoreszenz durch Kathodenstrahlen. *Verhandl. d. Deutsch. Physikal. Gesellsch.* **11.** *S. 45—49. 1909.*
24. **Reichenheim**, *Anode Rays and their Spektra.* Vortrag, gehalten auf der *British Association* in Winnipeg, Canada, 1909. *Section A. Report on the state of Science S. 1—5.*

Abteilung II.

Amtliche Veröffentlichungen.

25. **Orlich**, Das Verhalten von Quadrantenelektrometern gegenüber Wechselspannungen. *Diese Zeitschr.* **29.** *S. 33—46. 1909.*
26. **Orlich**, Über die Anwendung des Quadrantenelektrometers zu Wechselstrommessungen. *Elektrotechn. Zeitschr.* **30.** *S. 435—439, 466—470. 1909.*
27. **Orlich**, Über Starkstromwiderstände mit kleiner Selbstinduktion. *Diese Zeitschr.* **29.** *S. 241—256. 1909.*
28. **Orlich und G. Schulze**, Über das Verhalten von Elektrizitätszählern bei schwankender Belastung. *Elektrotechn. u. Maschinenbau (Zeitschr. d. Elektrotechn. Ver. in Wien)* **27.** *S. 801—804. 1909.*
29. **G. Schulze**, Versuche an Quecksilber-Gleichrichtern. *Elektrotechn. Zeitschr.* **30.** *S. 295—298. 1909.*
30. **G. Schulze**, Messung des Rückstromes in Quecksilber-Gleichrichtern. *Elektrotechn. Zeitschr.* **30.** *S. 373—376. 1909.*
31. **G. Schulze**, Kondensatoren großer Kapazität. *Elektrotechn. u. Maschinenbau (Zeitschr. d. Elektrotechn. Ver. in Wien)* **27.** *S. 247—251. 1909.*
32. **Giebe**, Ein empfindlicher Tourenregler für Elektromotoren. *Diese Zeitschr.* **29.** *S. 205—216. 1909.*

33. **Giebe**, Normal-Luftkondensatoren und ihre absolute Messung. *Diese Zeitschr.* ***29.*** *S. 269—279, 301—315. 1909.*

34. **Lindemann**, Über die Widerstandszunahme unterteilter Leiter bei schnellen Schwingungen. *Verhandl. d. Deutsch. Physikal. Gesellsch.* ***11.*** *S. 682—698. 1909.*

35. **Gumlich**, Über die Messung hoher Induktionen. *Elektrotechn. Zeitschr.* ***30.*** *S. 1065—1067, 1096—1100. 1909.*

36. **Wiebe**, Die neuen Prüfungsbestimmungen der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt für Thermometer. *Deutsch. Mech.-Ztg. 1909. S. 137—138, 158—159.*

37. **Meißner**, Über die Korrektionen für Einschlußthermometer mit Erweiterungsstellen in der Kapillare. *Diese Zeitschr.* ***29.*** *S. 93—103. 1909.*

38. **Hoffmann**, Prüfung der Seger-Kegel. Bericht über die 29. ord. Hauptversammlung des Vereins Deutscher Fabriken feuerfester Produkte vom 3. März 1909. *Tonindustrie-Ztg.* ***33.*** *S. 1577—1580. 1909.*

39. **Hagen und Rubens**, Über die Abhängigkeit des Emissionsvermögens der Metalle von der Temperatur. *Sitzungsber. d. Berl. Akad. 1909. S. 478—492.*

Private Veröffentlichungen.

40. **Wiebe**, Über die Messung der Körpertemperatur mit ärztlichen Minuten-Maximumthermometern. *Zeitschr. f. ärztl. Fortbildung* ***6.*** *S. 230—233. 1909.*

41. **Brodhun**, Hefnerlampe und Zehn-Kerzen-Pentanlampe. *Elektrotechn. Zeitschr.* ***30.*** *S. 579—580. 1909.*

42. **Gumlich**, Die Messung hoher Induktionen. Einige physikalische Eigenschaften von Eisen-Silizium-Legierungen. *Zeitschr. f. Elektrochemie* ***15.*** *S. 597—599. 1909.*

43. **Lindeck und Jaeger**; vgl. Nr. 12.

44. **Orlich**, Die technischen Leistungsmesser. *Helios, Zeitschr. f. Elektrotechn. 1909. S. 373—379.*

45. **Orlich**, Kapazität und Induktivität. Heft 14 der „Elektrotechnik in Einzel-Darstellungen". XII, 294 S. Braunschweig, Fr. Vieweg & Sohn 1909.

46. **Göpel**, Meßmaschine von H. Hommel. *Deutsch. Mech.-Ztg. 1910. S. 1—5.*

47. **Diesselhorst und Emde**, Vorschläge für die Definition der elektrischen Eigenschaften gestreckter Leiter. *Elektrotechn. Zeitschr.* ***30.*** *S. 1155—1159, 1184—1189. 1909.*

48. **G. Schulze**, Über die Maximalspannung der elektrolytischen Ventilzellen. *Ann. d. Physik* ***28.*** *S. 787—807. 1909.*

49. **G. Schulze**, Quecksilberdampf-Gleichrichter. *Helios, Zeitschr. f. Elektrotechn. 1909. S. 185—189.*

50. **G. Schulze**, Die elektrolytischen Ventilzellen und ihre Anwendung als Gleichrichter, Überspannungssicherungen und Kondensatoren. *Helios, Zeitschr. f. Elektrotechn. 1909. S. 17—21, 26—28.*

51. **Lindemann**, Drahtlose Telegraphie mittels tönender Löschfunken, das neue Telefunken-System. *Deutsch. Mech.-Ztg. 1909. S. 193—196, 201—204, 229—230.*

52. **Werner und Gohdes**, Über die Abhängigkeit des Dauer- und Momentanprozesses einer getrennten Phosphoreszenzbande vom Metallgehalt und über die Erregungsverteilungen dieser beiden Prozesse. *Ann. d. Physik* ***30.*** *S. 257—272. 1909.*

53. **Rogowski und Simons**, Über Streuung von Drehstrommotoren. *Elektrotechn. Zeitschr.* ***30.*** *S. 219—222, 254—257. 1909.*

54. **Rogowski**, Über das Streufeld und den Streuinduktionskoeffizienten eines Transformators mit Scheibenwicklung und geteilten Endspulen. *Mitt. üb. Forschungsarbeiten auf d. Gebiete d. Ingenieurwesens Heft 71. S. 1—36. 1909.*

55. **Rogowski**, Auszug aus Nr. 54. *Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing.* ***52.*** *S. 952—954. 1909.*

56. **Rogowski**, Über eine einfache Ableitung des Heylandschen und Ossanaschen Kreises. *Elektrotechn. u. Maschinenbau (Zeitschr. d. Elektrotechn. Ver. in Wien)* ***27.*** *S. 513—516. 1909.*

Referate.

Das Präzisions-Stangenplanimeter, System Pregél.

Von A. Schreiber. *Zeitschr. f. Vermess.* **38.** *S. 401. 1909.*

Mit diesem „Präzisions-Stangenplanimeter" (hier bereits erwähnt, vgl. *diese Zeitschr.* **28.** *S. 373. 1908*) hat der Verf. dankenswerterweise Genauigkeitsversuche und Genauigkeitsüberlegungen angestellt.

Dem einfachen Traktoriographen von Kleritj (nicht Klerity) gegenüber, der noch nicht als zu Flächenbestimmungen brauchbar erkannt war, und dem einfachen Beilschneidenplanimeter von Prytz gegenüber bedeute das Instrument einen wesentlichen Fortschritt in Beziehung auf Stabilität und sichere Führung, endlich Genauigkeit der Messung des Schlußbogens (Entfernung zweier eingestochener Punkte). Auch kann die Länge des Instruments (Entfernung zwischen den Radschneiden und dem Fahrstift) beliebig geändert werden, sodaß man z. B. bei kleinen Flächen mit kleiner Planimeterlänge arbeiten kann, was der Genauigkeit förderlich ist.

Die Versuchsmessungen des Verf. zeigen besonders, daß man den konstanten Fehler der einseitigen Umfahrung fast vollständig eliminieren kann durch Kombination von Rechts- mit Linksumfahrung bei geeigneter Anfangsstellung des Instruments in beiden Fällen. Bei einem Kreis vom Halbmesser 8 *cm* (Fläche 201,06 *qcm*) ergab sich dann das Mittel aus zwei Umfahrungen, die eine rechts, die andere links herum, nur mit dem mittleren unregelmäßigen Fehler $\pm 0{,}105$ *qcm* oder $^1/_{2000}$ der Fläche behaftet, sodaß das Instrument in dieser Beziehung den „Präzisionsplanimetern" sich nähert. Der Verf. leitet *zwei Regeln* ab, nach denen die Anfangslagen zweier zusammengehöriger Umfahrungen zu bestimmen sind: entweder ist bei beiden Umfahrungen dieselbe Anfangslage des Instruments in Beziehung auf die Figur zu wählen, und zwar so, daß die Stange senkrecht steht zu dem Radiusvektor, auf dem die Umfahrung beginnt; oder auch: bei der einen Umfahrung muß die Stange bei Beginn dieselbe Richtung haben wie der Radiusvektor, auf dem die Umfahrung begonnen wird, vor der zweiten Umfahrung ist das Instrument um 180° zu verschwenken. Beide Regeln geben fast dieselbe Genauigkeit. Die zweite kann man sich auch so merken: von einem Punkt im Innern der Figur, möglichst nahe dem Schwerpunkt, zieht man einen beliebigen Vektor, der für beide Umfahrungen gilt; für die erste Umfahrung bringt man das Instrument in eine Anfangslage, bei der die Richtung der Stange mit der des Vektors übereinstimmt, bei der zweiten in die diametral entgegengesetzte Anfangslage. Wenn *vier* Umfahrungen gemacht werden sollen, so nimmt man die Anfangsrichtungen $\psi_0 = 0°, 90°, 90°, 180°$ und umfährt zweimal rechts, zweimal links.

Die große Genauigkeit, die das Instrument nach der obigen Zahl gibt, gilt vorbehältlich regelmäßiger Fehler; sie bezieht sich zunächst auf die „sphärische Fläche" des Verf., nämlich die Auswertung des Integrals $a\int\frac{dF}{e}$ (vgl. *diese Zeitschr.* **29.** *S. 320. 1909*), während dieses Ergebnis die verlangte ebene Fläche, $\int dF$, stets zu groß erscheinen läßt. Für Rechtecke mit den Seitenverhältnissen 1 : 1 bis 1 : 5 ist bei $a = 20$ *cm* Länge der Planimeterstange die erforderliche negative Korrektion am Resultat schon 1 %, wenn die Fläche nur 50 *qcm* bis 20 *qcm* enthält. Für Flächen, die sich der Form eines mehrseitigen regelmäßigen Polygons nähern, wird der Fehler viel kleiner. Man kann wesentlich genauere Ergebnisse erhalten, wenn man an dem Produkt „a mal Schlußbogen" die stets negative Verbesserung

$$\varDelta = \frac{m}{2a^2}$$

anbringt, wo m das polare Trägheitsmoment der Figur in Beziehung auf den Anfangspunkt der Umfahrung ist. Bei einfachen Figuren (Kreis, Rechteck, Rhombus, regelmäßiges Vieleck) kann man das Trägheitsmoment in Beziehung auf den Schwerpunkt der Fläche proportional dem Quadrat der Fläche setzen und erhält für $\varDelta$ den bequemen Ausdruck $\varDelta = K\left(\frac{F}{100}\right)^2$, wo

$F = a \cdot s$ in *qcm* und K ein Koeffizient ist, der so anzunehmen ist, daß für eine bestimmte Stangenlänge, z. B. $a = 20$ *cm*, Δ sogleich in *qcm* sich ergibt. Für Figuren, die sich nicht allzu weit vom Kreis oder einem regelmäßigen Polygon entfernen, darf man $K = 2$ annehmen; für Rechtecke und Rhomben gibt der Verf. eine kleine Tafel der Werte von K für $a = 20$ *cm*. Durch diese Korrektion Δ wird freilich der Gebrauch des Instruments immerhin etwas weniger bequem, als für die Bedürfnisse erwünscht ist, für die Prytz sein Instrument bestimmt hat, und für die die Genauigkeit 1 %, d. h. die unveränderte Flächenangabe $a \cdot s$, genügt. Dafür läßt sich mit Berücksichtigung von Δ der Fehler des Mittels aus zwei Umfahrungen (eine links, eine rechts) bei verschieden geformten Flächen zwischen 25 und 100 *qcm* auf etwa 0,4 %, bei Flächen unter 25 *qcm* auf etwa 0,6 % bringen, im ganzen also etwa auf die Hälfte des Fehlers ohne Berücksichtigung von Δ.

Die Forderung von Strichmarken zur Einstellung von a (vgl. *diese Zeitschr.* **28.** *S. 373. 1908*) sei hier mit dem Verf. wiederholt. *Hammer.*

Das Stickstoffthermometer vom Zink- bis zum Palladiumschmelzpunkt.

Von A. L. Day und R. B. Sosman. *Amer. Journ. of Science* **29.** *S. 93. 1910.*

Im Jahre 1908 hat Day in Gemeinschaft mit Clement Messungen mit dem Stickstoffthermometer konstanten Volumens veröffentlicht (vgl. *diese Zeitschr.* **29.** *S. 81. 1909*), die vom Zink- bis zum Kupferschmelzpunkt, also von etwa 420° bis 1080°, ausgedehnt wurden. Diese Beobachtungen sind nun wiederholt und gleichzeitig bis zum Schmelzpunkt des Palladiums erweitert worden. Die Versuchsanordnungen sind im wesentlichen dieselben geblieben wie früher. Es genügt deshalb, hier auf die neueingeführten Abänderungen hinzuweisen.

Nach diesen neueren Messungen ist der von Day und Clement angegebene Schmelzpunkt des Silbers um 1,7°, des Goldes (das bei den früheren Versuchen etwas Eisen enthielt) um 3,1°, des Kupfers um 1,6° zu erhöhen, sodaß diese Fixpunkte sich nunmehr den Werten, die Holborn und Day 1900 gefunden haben, bis auf Beträge nähern, die den Beobachtungsfehlern gleichkommen. Im Gebiet höherer Temperaturen liegen bisher nur die gasthermometrischen Messungen von Holborn und Valentiner (*Ann. d. Physik* **22.** *S. 1. 1907*) vor, durch die der Palladiumschmelzpunkt zu 1575° ermittelt wurde. Day und Sosman finden statt dessen nun 1549°, sodaß also oberhalb 1100° noch große, bisher nicht aufgeklärte Differenzen vorhanden sind.

In der vorliegenden Arbeit bedienen sich die Verf. eines Thermometergefäßes aus Platinrhodium mit 20 % Rhodiumgehalt (Volumen des Gefäßes 206 *ccm*, Gasdruck bei 0° 220 *mm* Hg). Diese Legierung ist in der Glühhitze zwar etwas weicher als Platiniridium, das bisher vielfach angewendet wurde; sie besitzt aber den Vorteil, daß in ihrer Gegenwart die Thermoelemente, die an das Gasthermometer angeschlossen werden, weniger leicht verderben. In dieser Hinsicht ist Iridium sehr viel gefährlicher als Rhodium, das die Thermoelemente außerdem schon an und für sich enthalten. Die größere Weichheit des Metalles war insofern nicht von Nachteil, als das Thermometergefäß außen auf nahe denselben Druck gebracht wurde wie innen.

Besondere Bemühungen richteten sich darauf, durch die Thermoelemente die Integraltemperatur über den Raum, den das Gasthermometer einnimmt, richtiger zu messen als früher. Da nur metallischer Kontakt eine Gewähr für richtige Temperaturmessung bietet, so wurde an das Gefäß ein Thermoelement angeschweißt und außerdem noch an mehreren Stellen Platindrähte, die zusammen mit dem Metall des Gefäßes Differentialthermoelemente bildeten. Schließlich konnte, da das Thermometergefäß eine Einstülpung besaß, noch ein Element in die Mitte des Gasraumes geführt werden.

Die Wärmeausdehnung des 20-prozentigen Platinrhodiums wurde an einem 0,5 *m* langen Stabe zwischen 20° und 1400° beobachtet. Für die Abhängigkeit seines Ausdehnungskoeffizienten β von der Temperatur t ergab sich die Beziehung

$$10^6 \beta = 8{,}79 + 0{,}00161\, t.$$

Die Heizung geschah anfangs wie früher: Der Strom floß durch eine in den Ofen hineingewickelte Platinspule. Hierbei kamen jedoch die Heizdrähte dem Thermometergefäß so nahe, daß bereits dadurch Temperaturdifferenzen an seiner Oberfläche hervorgerufen wurden, zu deren Ausgleich die Wärmeleitung des Metalles nicht ausreichte. Darum wurde später ein anderer Ofen verwendet, dessen Spule in der üblichen Weise auf ein Rohr gewickelt war. Bei den Temperaturen über 1100° diente Wechselstrom zur Heizung. Die Thermoelemente wurden durch Quarzglas isoliert und häufig geprüft.

Die gasthermometrischen Messungen bezogen sich auf Temperaturen, die den Fixpunkten, welche mit einem Thermoelement nach der sogenannten Tiegelmethode ermittelt wurden, möglichst nahe kamen, sodaß die Interpolation auf die Temperatur des Gasthermometers unabhängig von jeder Formel linear erfolgen konnte.

Antimon, Silber, Gold und Kupfer wurden in einer Atmosphäre von Kohlenoxyd in Graphittiegeln geschmolzen, Nickel und Kobalt in Stickstoffatmosphäre und Magnesiatiegeln. Die übrigen Materialien wurden an der Luft geschmolzen, und zwar Zink in einem Graphittiegel, Palladium in Magnesia und die beiden Salze Diopsid und Anorthit in Platin. Von den Metallen kamen je etwa 200 *g* zur Verwendung. Alle Stoffe sind von deutschen und amerikanischen Firmen als möglichst rein bezogen. Die ausführlichen chemischen Analysen sind der Abhandlung beigegeben.

Schwierigkeiten traten bei Beobachtung der Schmelzpunkte nicht auf; nur ist zu erwähnen, daß die Thermoelemente durch den Palladiumdampf etwas verdorben wurden.

Als wesentliches Resultat dieser Arbeit mögen die ermittelten Schmelztemperaturen hier wiedergegeben werden.

	Grad C.			Grad C.	
Zink	418,2	± 0,3	Diopsid	1391,2	± 1,5
Antimon	629,2	± 0,5	Nickel	1452,3	± 2,0
Silber	960,0	± 0,7	Kobalt	1489,8	± 2,0
Gold	1062,4	± 0,8	Palladium	1549,2	± 2,0
Kupfer	1082,6	± 0,8	Anorthit	1549,5	± 2,0

Die elektromotorische Kraft E der von W. C. Heraeus in Hanau bezogenen Thermoelemente aus Pt und Pt Rh ließ sich durch folgende Formel als Funktion der Temperatur t darstellen:

$$E = -169 + 7{,}57\,t + 0{,}002648\,t^2 - 0{,}0000004724\,t^3 \text{ Mikrovolt.}$$

Hng.

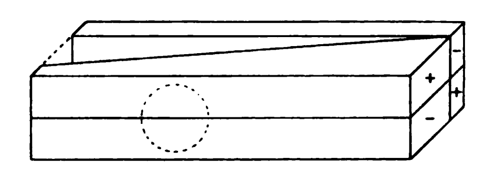
Keilförmiger Biquarz für Polarisationsapparate und Saccharimeter.

Von Fr. E. Wright. *Amer. Journ. of Science* **26.** *S. 391. 1908.*

Nach Ansicht des Verf. ist das Lippichsche Halbprisma eine nur unvollkommene Halbschattenvorrichtung, da es mit zwei Fehlern behaftet sei. Der erste ergebe sich aus dem unsymmetrischen Bau des Halbschattenpolarisators, wodurch die Lichtintensitäten der beiden Gesichtsfeldhälften ungleich werden, der zweite Fehler liege darin, daß die Trennungslinie im Gesichtsfelde nicht zum Verschwinden zu bringen sei; die hierfür gegebene Begründung ist aber verfehlt. Bekanntlich verursacht das Halbprisma bei korrektem Strahlengange keine Fehler bei der Bestimmung eines Drehungswinkels (siehe O. Schönrock in Landolt, Optisches Drehungsvermögen. Braunschweig, Fr. Vieweg & Sohn 1898. *S. 303*). Und daß man die Trennungslinie sehr wohl verschwinden lassen kann, davon kann sich der Verf. sowohl praktisch überzeugen, wenn er einen gut ausgeführten Lippichschen Apparat benutzt, als auch theoretisch, wenn er von der Darstellung in dem erwähnten Landoltschen Werke (*S. 315*) und von der Abhandlung „Über den Einfluß der Beugung auf das Verschwinden der Trennungslinie im Gesichtsfelde photometrischer Vergleichsvorrichtungen“ von E. Brodhun und O. Schönrock (*diese Zeitschr.* **24.** *S. 70. 1904*) Kenntnis nimmt.

Diese vermeintlichen, in Wirklichkeit nicht vorhandenen Fehler des Lippichschen Polarisators soll nun der vom Verf. vorgeschlagene keilförmige Biquarz vermeiden. Wie aus der nebenstehenden Figur ersichtlich ist, besteht dieser aus einer Keilplatte und einer

Parallelplatte, von denen jede wieder aus zwei Quarzplatten, einer rechtsdrehenden und einer linksdrehenden, zusammengekittet ist. Die Platten werden mit Kanadabalsam gekittet, der auch den keilförmigen Raum zwischen Keil- und Parallelplatte ausfüllt. Die einander parallel gestellten Flächen, durch welche die Lichtstrahlen ein- und austreten, sind senkrecht zur optischen Achse des Quarzes geschliffen. Der Biquarz wird, horizontal verschiebbar, vom Okular aus gerechnet dicht hinter dem Analysator angebracht, und zwar in der Höhe zentrisch zu dem direkt vor dem Biquarz befindlichen, anvisierten kreisförmigen Diaphragma. Wie leicht ersichtlich ist, erhält man dann durch Verschiebung des Biquarzes je nach der hinter dem Diaphragma liegenden Stelle des Biquarzes verschiedene Halbschatten. Durch Drehen des Analysators wird wie gewöhnlich auf gleichförmige Helligkeit des Gesichtsfeldes eingestellt. Der Biquarz ist für homogenes und weißes Licht zu gebrauchen.



Als Dimensionen werden vorgeschlagen: Länge des Biquarzes 50 *mm*, Höhe 11 *mm*, kleinste Dicke der Keilplatte 0,35 *mm* und größte 1,1 *mm*, Dicke der Parallelplatte 0,4 *mm*. Der Keilwinkel des Quarzkeils beträgt also 0,9°, und der Halbschatten kann zwischen 0° und 30° geändert werden. Die angegebene Konstruktion des Biquarzes hat den Nachteil, daß die Helligkeit im ganzen Gesichtsfelde keine gleichförmige ist, sondern in horizontaler Richtung zugleich mit dem Halbschatten zunimmt. Dieser Mangel ließe sich zwar beseitigen, wenn man an Stelle des Biquarzes eine einfache Saccharimeter-Quarzkeilkompensation verwenden würde, deren obere und untere Hälften entgegengesetzten Drehungssinn haben. Indessen hätte auch das keinen rechten Zweck, da sich mit derartigen Vorrichtungen, wie schon wiederholt gezeigt worden ist, doch nicht die Empfindlichkeit erreichen läßt, die mit Halbschattenpolarisatoren aus Kalkspat nach Lippich zu erzielen ist. Eingehendere Versuche hat der Verf. mit seinem Biquarz nicht angestellt.

Überdies ist dem Verf. entgangen, daß der von ihm vorgeschlagene Biquarz im Prinzip mit dem vor vielen Jahren von J. Macé de Lépinay angegebenen „Neuen Halbschattenanalysator" vollständig übereinstimmt (siehe *Compt. rend.* **131.** *S. 832. 1900; Journ. de phys.* **9.** *S. 585 u. 644. 1900*; Referat in *dieser Zeitschr.* **21.** *S. 90. 1901*). Der keilförmige Biquarz des Verf. bietet somit nicht einmal etwas prinzipiell Neues. *Schck.*

G. Balmitgères Stereoskope zur Betrachtung unzerschnittener Stereogramme.

Unter den verschiedenen Vorschlägen, die in neuerer Zeit namentlich von französischen Erfindern auf dem Gebiete der Stereoskopie gemacht werden, befindet sich auch ein solcher zu dem im Titel bezeichneten Thema, und man kann wohl eine aufrichtige Anerkennung empfinden für die Hingabe und das Geschick, die der Autor auf sein Werk gewandt hat. Freilich ist nicht alles das neu, was der Erfinder dafür gehalten hat, und es rächt sich auch an ihm jener Mangel an Fühlung mit der älteren Blütezeit der Stereoskopie, der so häufig bei den Neueren zu beklagen ist. Da aber einige seiner Resultate zweifellos sorgfältig durchdacht und äußerst elegant sind, so lohnt es sich wohl, unter Übergehung des sonstigen Inhalts seiner Schriften, von ihnen allein Kenntnis zu nehmen, namentlich aber, sie in einen Zusammenhang mit der lange vergangenen Zeit zu bringen. Jene Literatur findet sich ziemlich lückenlos in dem Werk des Referenten „Die binokularen Instrumente"[1]), und sie soll hier durch Verweisungen auf die Seitenziffern dieser monographischen Darstellung in Erinnerung gebracht werden.

Es sei vorausgeschickt, daß das Paar der Halbbilder, wie es in einer gewöhnlichen Zwillingskamera mit parallelen Achsen entsteht, chiastozentrisch (*S. 17*) gelagert ist und also bei der Betrachtung in einem gewöhnlichen orthopischen (*S. 14*) Stereoskop die Tiefen verkehrt wiedergibt oder, mit anderen Worten, bei geeigneten Objekten einen pseudoskopischen

[1]) Vgl. auch *diese Zeitschr.* **28.** *S. 256—258. 1908.*

Eindruck vermittelt. Aus diesem Grunde muß darauf gesehen werden, daß auf dem fertigen *aufrechten* Stereogramm das in der rechten Hälfte der Kamera entstandene Halbbild rechts angeordnet wird und das linke links. Die Zerschneidung und Vertauschung, die demnach mit dem Negativ oder seinen Kopien vorzunehmen ist, kann sicherlich zu Fehlern gegen die exakte Ausrichtung führen, und es ist schon eine Reihe von Vorschlägen erschienen, die sie unnötig machen sollen.

Man sieht leicht ein, daß es dafür zwei Mittel gibt, je nachdem man die Halbbilder orthozentrisch anordnet (das erfordert Änderungen im Aufnahmeapparat) oder das orthopische Stereoskop durch ein chiastopisches ersetzt (das erfordert Änderungen im Betrachtungsapparat). Die theoretisch erfolgreichen (aber praktisch wohl kaum häufig verwandten) Lösungen der ersten Möglichkeit bestanden im wesentlichen in der Vorschaltung eines Systems ebener Spiegel, sei es nach F. A. P. Barnard (*S. 76*) oder nach Th. Brown (*S. 164*), vor das gemeinsame Aufnahmeobjektiv — diese beiden Methoden erfordern allerdings, streng genommen (*S. 77 u. 165*), einen Betrachtungsapparat mit nicht parallelen Achsen — oder nach W. K. L. Dickson (*S. 169*) vor das Paar von Aufnahmesystemen. Die andere Möglichkeit wurde zuerst von H. W. Dove (*S. 61*), dann nach ihm von J. Duboscq[1]) (*S. 63*) verwirklicht, und zwar beidemal durch zwei Amicische Prismen, bei denen die Achsenrichtung im Bildraum durch die beiden Brechungen und die Spiegelung nicht wesentlich geändert wurde.

Das Balmitgèresche Stereoskop gehört in diese Nachbarschaft und verwendet außerdem noch Teilbilder verschiedenen Maßstabes, eine Einrichtung, die ebenfalls in alter Zeit schon vorgeschlagen worden war, nämlich von H. W. Dove (*S. 62*) und von H. Swan (*S. 90*).

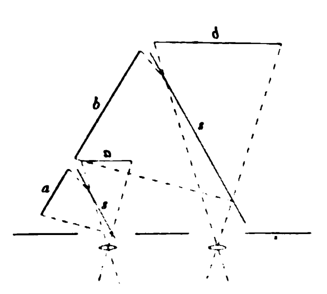


Fig. 1.
Vereinfachtes Schema zum Balmitgèreschen Stereoskop mit zwei einfachen Spiegelungen an den Spiegeln *s s*.
a kleineres, *b* größeres Teilbild auf dem unzerschnittenen Stereogramm; sie erscheinen hinter den ebenen Spiegeln, natürlich spiegelverkehrt.

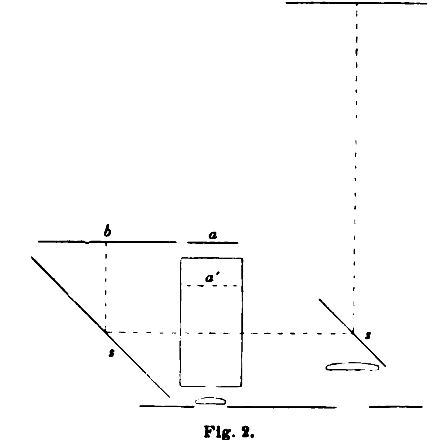


Fig. 2.
Vereinfachtes Schema zum Balmitgèreschen Stereoskop mit einer Doppelspiegelung an den Spiegeln *s s*.
a kleineres, *b* größeres Teilbild auf dem unzerschnittenen Stereogramm; sie erscheinen dem Beobachter beide aufrecht und seitenrichtig.

Man erkennt aus der nebenstehenden Fig. 1, die eine schematisierte Wiedergabe der Fig. 8 der Patentschrift ist[2]), daß es sich hier um eine sehr elegante Anwendung des oben erwähnten Dicksonschen Prinzips auf den Betrachtungsapparat handelt. Man kann dabei mit dem verblüffend einfachen Mittel zweier gewöhnlicher Planspiegel auskommen und doch die Augen in die gleiche Entfernung von der Kante des Stereoskops bringen. Allerdings ist hier die Achsenrichtung im Bildraum merklich geändert, und das ist der Preis, den man

---

[1]) *Rapport fait par M. Lissajous, au nom du comité des arts économiques, sur les divers modèles de stéréoscopes présentés par M. Duboscq, opticien. Bull. Soc. d'Enc.* (2) **4.** *S. 707—720. 1857.* Mit 1 Taf.

[2]) Balmitgère, Georges, *Procédé de stéréoscopie et dispositifs d'application de ce procédé. Br. d'Inv. 377821 dem. 15. V. 1907; dél. 22. VII. 07; publ. 16. IX. 07. 1re add. Nr. 9382 dem. 7. V. 1908; dél. 12. VIII. 08; publ. 19. X. 08. 2e add. Nr. 11310 dem. 30. VII. 1909; dél. 20. XI. 09; publ. 19. I. 1910.*

für die Einfachheit der Anordnung zu zahlen hat. Auf die zahlreichen, zum Teil sehr sinnvollen Methoden sei hier nicht eingegangen, die der Autor für die Aufgabe angibt, aus einem Stereogramm mit Bildern verschiedenen Maßstabes ein solches zu erhalten, wo die Halbbilder von gleicher Größe sind.

In dem ersten Nachtrage beschäftigt sich der Verf. mit dem Problem der Verschlußkonstruktion für eine Stereoskopkamera mit parallel gerichteten Objektiven verschiedener Brennweite und erwähnt für das hier interessierende Stereoskop die Möglichkeit, die Breite des kleineren Bildes zugunsten der des größeren noch etwas zu verringern.

Im zweiten Nachtrage findet sich bei der Fig. 2 eine neue Anordnung, bei der das kleinere Bild durch einen Glasblock hindurch betrachtet wird, während das größere durch zwei parallele Spiegel — etwa die Hälfte eines Helmholtzschen Telestereoskops — verlagert und dem andern Auge dargeboten wird. Man muß auf A. Nachet (*S. 116* Fig. 66 links) zurückgehen, wenn man in der älteren Schule dies Prinzip der Überkreuzung der Hauptstrahlen auffinden will; doch ist zu bemerken, daß es sich bei A. Nachet um ein binokulares Mikroskop und nicht wie bei dem vorliegenden Autor um ein Stereoskop handelt. Im vorliegenden Falle kommt noch hinzu, daß die Verkürzung der Entfernung in dem Glasblock bei der Reduktion auf Luft dazu benutzt worden ist, das kleine Bild unter einem etwas größeren Winkel erscheinen zu lassen.

Gegenüber der ersten Anordnung mit je einer Spiegelung für jedes Bild zeigt diese Einrichtung den möglicherweise angenehm empfundenen Unterschied, daß die Achsenrichtung im Bildraume nicht geändert wird, doch will es dem Referenten scheinen, als wenn man in den Werten des nutzbaren Gesichtsfeldes hier noch mehr beschränkt wäre. Auch können hier wohl nur Diapositive betrachtet werden, während bei der ersten Anordnung die gewöhnlichen Papierkopien ebenfalls möglich sind, dann aber ein zwar tiefenrichtiges, aber spiegelverkehrtes Raumbild ergeben, wenn nicht besondere Vorsichtsmaßregeln getroffen werden.

Man kann das zusammenfassende Urteil abgeben, daß hier eine eigenartige Erweiterung der stereoskopischen Mittel geschaffen worden ist, und daß einsichtige Amateure sich sehr wohl danach ein Instrumentarium beschaffen könnten, das — ihrem eigenen Abstande der Augendrehpunkte angepaßt — eine exakte Reproduktion des Objektraums mit einfachen Mitteln ermöglicht. Hrn. Balmitgère ist ein weiter Kreis solcher Amateure zu wünschen.

Moritz von Rohr.

Neue Form des Ebertschen Aspirationsapparates[1]).

Von C. W. Lutz. *Sitzungsber. d. Münch. Akad. 1909. 14. Abhandl.*

Der Ebertsche Apparat zur Messung der Ionendichte (vgl. *diese Zeitschr.* **22.** *S. 379. 1902*) besteht aus einem langgestreckten Zylinderkondensator, dessen innerer Zylinder mit einem Blättchen-Elektroskop verbunden ist. Wird durch den Kondensator Luft gesaugt, so werden an den geladenen Innenzylinder *sämtliche* in der Luft enthaltene Ionen von entgegengesetzter Ladung getrieben, vorausgesetzt, daß das elektrische Feld stark genug und die Luftgeschwindigkeit nicht zu groß ist. Wenn die Zahl der Ionen nicht sehr groß ist, dauert es etwa eine Viertelstunde, bis ein genügend großer Spannungsabfall am Blättchenelektroskop eingetreten ist. Um diese Warte-Zeit abzukürzen und die besonders auf Reisen lästigen Mängel des Blättchenelektroskops zu beseitigen, verwendet der Verf. das früher von ihm angegebene Saitenelektrometer (vgl. *diese Zeitschr.* **27.** *S. 325. 1907*) in Verbindung mit einem veränderlichen Messkondensator nach M. Hurmuzescu (vgl. *diese Zeitschr.* **29.** *S. 88. 1909*).

Der innere. geladene Zylinder *Z* (Fig. 1), an dem durch die Turbine *T* die Luft entlang gesaugt wird, ist leitend mit der gespannten Saite *s*, einem Wollaston-Draht des Saitenelektrometers *S*, verbunden. Der Saite gegenüber steht die mit dem geerdeten Gehäuse verbundene Influenzschneide *J*, welche die geladene Saite anzieht. Die Ablenkung von *s* wird mit einem 281-fach vergrößernden Mikroskop an einer Okularteilung abgelesen, die in Volt

[1]) Der Apparat wird von der Firma M. Th. Edelmann & Sohn in München geliefert.

geeicht ist. Es wird nun nicht die Abnahme des Ausschlages gemessen, der nach einer gewissen Zeit durch die angesaugten Ionen hervorgebracht ist, sondern die Kapazitätsänderung wird bestimmt, die notwendig ist, um den Ausschlag der Saite wieder auf den Anfangswert zurückzuführen. Ist C die Kapazität und V das Potential des geladenen Systems, so ist seine Ladung $E = C \cdot V$ und die in einer gewissen Zeit durch die Ionen hervorgerufene Abnahme der Ladung $\Delta E = \Delta C \cdot V$.

Zur Erzeugung dieser Kapazitätsverminderung ΔC dient der kleine Meßkondensator K oberhalb des Elektrometers. Das Rohr R_2 kann in dem Führungsrohr R_1 mit Zahnstange und Trieb aus der in Fig. 1 angedeuteten Normalstellung herausgezogen werden; dabei gibt

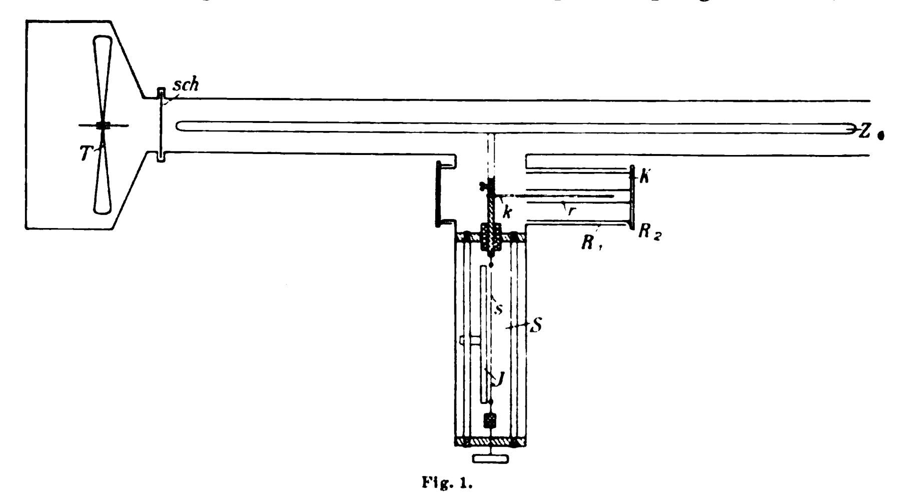


Fig. 1.

das geerdete Rohr r den Stift k, der zum geladenen System gehört, teilweise frei und vermindert seine Kapazität. Der Kopf des eben erwähnten Triebes ist in 100 Teile geteilt. Bei Einstellung auf den Teilstrich 0 betrug die Gesamtkapazität des Apparates 25,59 *cm*, bei Teilstrich 100 24,04 *cm* (nach der Harmsschen Methode gemessen). Eine Drehung des Kopfes um 100 Teile, der eine Verschiebung um 21 *mm* entspricht, bringt also eine Kapazitätsänderung von 1,55 *cm* hervor. Die Kapazität ändert sich genau proportional der Drehung des Triebes. Eine Drehung um einen halben Skalenteil, entsprechend einer Kapazitätsänderung von 0,0077 *cm*, hat bereits eine wahrnehmbare Änderung des Saitenausschlags zur Folge, wenn dieser einigermaßen groß ist. Um die Wiedereinstellung der Saite auf den Anfangswert möglichst genau ausführen zu können, ist auf der Okularskale über und unter dem mittelsten Teilstrich je ein in der Mitte offenes Andreaskreuzchen (Fig. 2) angebracht; das Mikroskop läßt sich auf einem Schlitten durch Drehen einer Schraube seitlich so verschieben, daß der rechte Rand des Saitenbildes die linken inneren Enden der Kreuzstriche berührt. In diese Lage läßt sich die Saite nach eingetretener Ladungsabnahme durch Verstellen des Meßkondensators mit außerordentlicher Schärfe wieder zurückführen. Da eine Änderung der Kapazität um $^3/_{10000}$ ihres Wertes bereits an dem Elektrometer zu erkennen ist, so läßt sich eine Abnahme der Ladung um $^1/_{100}$ auf 3% genau messen; demnach kann die Versuchsdauer erheblich kürzer sein als bei Verwendung des Blättchenelektroskops.

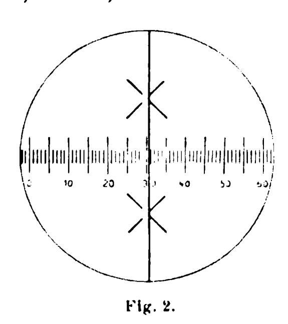


Fig. 2.

Die Messung soll so vorgenommen werden: Bei entladenem Zylinder Z wird durch Verschieben des Mikroskops die Saite auf den 0-Punkt der Skale (Fig. 2) eingestellt; dann wird Z geladen und die Saug-Turbine in Gang gesetzt; dieselbe gibt nach kurzer Zeit ein Glockenzeichen, bei welchem der Saitenausschlag abgelesen wird; sofort danach wird die Saite durch Verschieben des Mikroskops auf die Kreuzchen eingestellt. Nach 149 Sek. (bei dem untersuchten Exemplar) gibt die Turbine ein zweites Glockenzeichen, worauf der Meßkondensator

so verschoben wird, daß die Saite wieder auf die Kreuzchen einspielt; die an der Teilung des Triebes abzulesende Verschiebung des Kondensators ergibt die Kapazitätsänderung. Ist bei geringem Ionengehalt der Luft nach 149 Sek. die Ladungsabnahme zu gering gewesen, so wird der Versuch um die gleiche Zeitdauer fortgesetzt. Für die Messung mit entgegengesetztem Vorzeichen wird der Zylinder Z entladen, die Saite wieder auf den 0-Punkt der Skale durch Verschieben des Mikroskops zurückgeführt und weiter, wie vorher beschrieben, verfahren; die Turbine braucht zwischen den Versuchen nicht angehalten zu werden.

Nach Ansicht des Ref. wird die Messung in dieser Weise etwas unsicher, weil zwischen dem ersten Glockenzeichen und dem Einstellen der Saite auf die Kreuzchen mehrere Sekunden vergehen, die zum Ablesen der Spannung und zum Verschieben des Mikroskops gebraucht werden; die Einstellung der Saite auf die Kreuzchen nach dem zweiten Glockenzeichen wird nicht genau dieselbe Zeit dauern, sondern in der Regel etwas schneller vor sich gehen; jedenfalls machen bei 149 Sek. Versuchsdauer mehrere Sekunden Zeitunterschied schon einige Prozent Fehler aus. Es dürfte zweckmäßiger sein, *vor* dem Glockenzeichen die Spannung abzulesen, wobei es auf eine halbe Minute nicht ankommt, da die Spannung während der ganzen Versuchsdauer nur um etwa 1% sinkt. Noch bequemer und sicherer würde die Messung werden bei Verwendung einer Umschalteklappe für den Luftstrom (statt des Schiebers *sch* in Fig. 1), wie sie Gerdien (*Göttinger Nachr. 1904. S. 284, Figur*) benutzt hat; die Ablesung und Einstellung der Saite könnten vor und nach dem eigentlichen Versuch in Ruhe gemacht werden, während die Klappe den Zylinderkondensator abschließt, und die Turbine durch eine seitliche Öffnung Luft ansaugt; durch Umlegen der Klappe beim Glockenzeichen würde diese Öffnung verschlossen und der Luftstrom durch den Zylinderkondensator gesaugt werden.

Die im Kubikmeter Luft enthaltene Elektrizitätsmenge ist gleich der Anfangsspannung multipliziert mit der Kapazitätsänderung und dividiert durch die zwischen zwei Glockenzeichen geförderte Luftmenge. Die letztere Zahl wird mehrfach, auch in den Zahlenbeispielen auf 5 Stellen genau mitgeteilt; die vierte Stelle ist aber jedenfalls schon ganz unsicher und auch überflüssig. Verf. bemerkt, die Zahl sei vom Fabrikanten angegeben, die Nachprüfung nach der Ebertschen Rauchmethode habe völlig befriedigende Werte geliefert; leider ist nicht berichtet, auf wieviel Prozent die einzelnen Messungen unter einander übereinstimmten.

Das Elektrometer ist wenig empfindlich gegen Erschütterungen und Neigungen, sodaß der Apparat sehr geeignet für Messungen im Ballon und auf Schiffen ist.

Nach Anbringung eines Hülfskondensators kann der Apparat auch zur Messung von Ionengeschwindigkeiten nach der Macheschen Methode dienen. *Schg.*

Neu erschienene Bücher.

M. Planck, Acht Vorlesungen über theoretische Physik, geh. an der *Columbia University in the City of New York* im Frühjahr 1909. gr. 8°. VII, 127 S. m. 5 Fig. Leipzig, S. Hirzel 1910. 3,60 M.; geb. 4,20 M.

Sammlung Göschen. Unser heutiges Wissen in kurzen, klaren, allgemeinverständl. Einzeldarstellungen. kl. 8°. Leipzig, G. J. Göschen. Geb. in Leinw. jedes Bdchn. 0,80 M.

468 u. 469. P. Werkmeister, Vermessungskunde. I. Feldmessen u. Nivellieren. 176 S. m. 146 Abbildgn. 1910. — II. Der Theodolit. Trigonometrische u. barometr. Höhenmessung. Tachymetrie. 183 S. m. 109 Abbildgn. 1910.

W. Hort, Technische Schwingungslehre. Einführung in die Untersuchung der für den Ingenieur wichtigsten period. Vorgänge aus der Mechanik starrer, elast., flüss. u. gasförm. Körper, sowie aus der Elektrizitätslehre. 8°. VII, 227 S. m. 87 Fig. Berlin, J. Springer 1910. 5,60 M.; geb. in Leinw. 6,40 M.

L. Boltzmann, Vorlesungen über Gastheorie. 1. Tl. Theorie der Gase m. einatom. Molekülen, deren Dimensionen gegen die mittlere Weglänge verschwinden. 2. Abdr. gr. 8°. VI, 204 S. Leipzig, J. A. Barth 1910. 6 M.; geb. 7 M.

Schriften, Mathematisch-physikalische, f. Ingenieure u. Studierende. Hrsg. v. E. Jahnke. Leipzig, B. G. Teubner.

6, II. W. v. Ignatowsky, Die Vektoranalysis u. ihre Anwendung in der theoretischen Physik. II. Tl.: Anwendung der Vektoranalysis in der theoretischen Physik. 8°. IV, 123 S. m. 14 Fig. 1910. 2,60 M.; geb. in Leinw. 3 M.

F. Auerbach, Geschichtstafeln der Physik. gr. 8°. V, 150 S. Leipzig, J. A. Barth 1910. 4 M.; geb. 5 M.

C. Christiansen u. J. C. Müller, Elemente der theoretischen Physik. Mit einem Vorwort von Prof. Dr. E. Wiedemann. 3., verb. Aufl. gr. 8°. X, 690 S. m. 164 Fig. Leipzig, J. A. Barth 1910. 13,50 M.; geb. in Leinw. 15 M.

H. Lorenz, Lehrbuch der technischen Physik. 3. Bd.: Technische Hydromechanik. gr. 8°. XXII, 500 S. m. 205 Abbildgn. München, R. Oldenbourg 1910. 14 M.; geb. 15 M.

G. H. Darwin, *Scientific Papers. Vol. III: Figures of equilibrium of rotating liquid and geophysical investigations.* gr. 8°. XVI, 528 S. m. Fig. Cambridge 1910. Geb. in Leinw. 16 M.

Vols. I & II: 480 u. 532 S. m. Fig. 1907—08. Geb. in Leinw. 32 M.

S. Arrhenius, Lehrbuch der Elektrochemie. Vom Verf. durchgeseh. u. verm. deutsche Ausg., aus dem Schwed. von Doz. H. Euler. Neuer unveränd. Abdr. (Anastat. Neudr.) gr. 8°. VIII, 305 S. m. 57 Abbildgn. Leipzig, J. A. Barth 1910. 8 M.; geb. in Leinw. 9 M.

H. Lamb, *Dynamical Theory of Sound.* 8°. 312 S. London 1910. Geb. in Leinw. 12,80 M.

Notiz.

Der in *dieser Zeitschr.* ***30.*** *S. 75. 1910* von mir beschriebene Transformator ist keineswegs neu, wie ich glaubte, sondern längst bekannt und ausgeführt. Aus freundlichen Mitteilungen, insbesondere der Hrn. E. Hammer, E. Kohlschütter und A. Wedemeyer, ergibt sich als das Wichtigste folgendes:

Die dem Transformator zugrunde liegende Projektion der Kugel — transversal-zylindrische vermittelnde Abbildung in Hrn. Hammers Bezeichnung (Über die geographisch wichtigsten Kartenprojektionen. Stuttgart 1889) — ist bereits 1745 von C. F. Cassini für seine *Carte de France* verwandt worden.

Zur Auflösung sphärischer Dreiecke ist die Schar der Kurven konstanten Azimuts schon 1848 von I. Th. Towson (*Tables for Great Circle Sailing.* London 1848) benutzt. Den voll ausgeführten Transformator geben Favé und Rollet de l'Isle 1892 an (*Abaque pour la détermination du point à la mer. Annales hydrographiques 1892. S. 159*). In vortrefflicher Ausführung und in solchem Maßstab, daß die Genauigkeit von 1' erreicht wird, ist der Transformator später nochmals durch dieselben Autoren bei Challamel in Paris publiziert worden. Eine kleine, gute Ausführung findet sich in den *Tables graphiques d'Azimut* von P. Constan (Paris 1906). Mit Beifügung einer durchsichtigen Kopie gibt ihn Hr. A. Klein in seiner auf Hrn. Hammers Veranlassung entstandenen Dissertation: „Die Zeit- und Breitenbestimmung durch gleiche Zenitdistanzen mit Hülfe des kleinen Nonienuniversals." Stuttgart 1908.

Von allgemeineren Gesichtspunkten aus wird der Transformator von H. Maurer behandelt (*Ann. d. Hydrographie* ***33.*** *S. 355. 1905*).

Trotz dieses vielseitigen Interesses scheint sich der Transformator in den Gebrauch auf See nicht eingebürgert zu haben. Die Erfahrung muß lehren, ob er den Bedürfnissen der Aeronautik mehr entspricht. Es sei in dieser Hinsicht hinzugefügt, daß die von Hrn. E. Kohlschütter (*Ann. d. Hydrographie* ***38.*** *S. 68. 1910*) vorgeschlagene Methode der Variation des Winkels am Gestirn, welche ein in allen Fällen anwendbares, einheitliches Verfahren liefert, sich auch für den Transformator eignet. Sie erfordert zwar ein vierfaches Eingehen in den Transformator — statt des zweifachen bei der Variation der geographischen Länge — doch wird dabei auch die Breite doppelt erhalten, was eine erwünschte Rechnungskontrolle bildet.

Potsdam, den 12. Mai 1910. *K. Schwarzschild.*

Verlag von Julius Springer in Berlin N. — Universitäts-Buchdruckerei von Gustav Schade (Otto Francke) in Berlin N.

Zeitschrift für Instrumentenkunde.

Kuratorium:

Geh. Reg.-Rat Prof. Dr. **F. R. Helmert**, Vorsitzender, Prof. Dr. **A. Raps**, geschäftsführendes Mitglied, Dr. **H. Krüss**, Prof. Dr. **R. Straubel**.

Redaktion: Geh. Reg.-Rat Prof. Dr. **St. Lindeck** in Charlottenburg-Berlin.

XXX. Jahrgang. **Juli 1910.** Siebentes Heft.

Über die Genauigkeit der Druckmessung mit der Stückrathschen Druckwage.

Von

H. F. Wiebe.

(Mitteilung aus der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt.)

Hydrostatische Drucke lassen sich absolut am genauesten durch Quecksilbersäulen messen. Alle andern Methoden haben Fehlerquellen, deren Größen erst durch die Vergleichung mit einem Quecksilbermanometer festgestellt werden müssen. Für höhere Drucke bieten aber die oben offenen langen Quecksilbermanometer manche Schwierigkeiten in der Anwendung, da sie sich wegen ihrer bedeutenden Höhe nicht überall aufstellen lassen. Regnault montierte sein Manometer, das aus mehreren durch Stahlfassungen zusammengeschraubten Glasröhren bestand, an einem hohen Turm und maß damit Drucke bis über 30 Atmosphären. Amagat führte das von ihm aus dünnen eisernen Röhren hergestellte Manometer an einer Berglehne hinauf. Cailletet benutzte bis über 300 m lange biegsame Stahlröhren, die von einer Trommel ab in tiefe Schächte versenkt wurden, zur Messung von Drucken bis 420 Atm. Später hat Cailletet am Eiffel-Turm in Paris ein Quecksilber-Manometer angebracht, das er bis zu Drucken von gleicher Höhe benutzt hat.

Um von solchen besondern örtlichen Verhältnissen unabhängig zu sein, sind verkürzte Quecksilbermanometer angewendet worden, bei denen der zu messende Druck durch mehrere hinter einander geschaltete kürzere Manometer in eine Reihe von Teildrucken zerlegt wird. Die Übertragung des Drucks von einem Manometer auf das folgende geschieht dabei gewöhnlich durch Wasser. Das erste derartige Manometer scheint im Jahre 1845 von Richard[1]) hergestellt worden zu sein, jedoch so, daß die Ablesung des Drucks nur an der letzten Röhre, die aus Glas bestand, ausgeführt werden konnte, während die übrigen Röhren aus Eisen hergestellt waren, also eine direkte Ablesung nicht gestatteten. Ein Manometer dieser Art kann nur durch Vergleichung mit einem langen, unverkürzten Quecksilbermanometer geeicht werden und daher strengeren Anforderungen nicht genügen.

Ein Manometer, das auf demselben Konstruktionsprinzip beruht wie das Richardsche, bei dem aber sämtliche Röhren aus Glas hergestellt sind, sodaß alle Quecksilbersäulen abgelesen werden können, ist zuerst von Thiesen[2]) angegeben worden. Ein solches Manometer darf, wie die aus einer langen Röhre hergestellten Manometer, gleichfalls als ein wirkliches *Normal*-Manometer betrachtet werden. Nach

[1]) *Ann. des Mines 1845. S. 483.*

[2]) M. Thiesen, Ein Manometer für hohe Drucke. *Diese Zeitschr.* **1.** *S. 114. 1881.*

diesem Prinzip ist von dem Mechaniker Hrn. Paul Stückrath in Berlin-Friedenau für die Physikalisch-Technische Reichsanstalt ein Quecksilbermanometer[1]) hergestellt worden, das aus 10 Röhrenpaaren von je etwa 2 *m* Länge besteht und für Drucke bis 20 *kg/qcm* verwendbar ist. Ein zweites, ähnliches Manometer ist später noch nach besonderen Angaben von Thiesen von der Firma Sommer & Runge in Berlin für die Reichsanstalt[2]) gebaut worden. Als Mittel zur Übertragung des Drucks ist bei beiden Manometern Wasser gewählt. Ersteres Manometer dient hauptsächlich zur Prüfung der von Fabrikanten und wissenschaftlichen Instituten bei der Abteilung II eingereichten Federmanometer.

Ein anderes derartiges gebrochenes Manometer, bei dem die Übertragung des Drucks von einer Quecksilbersäule auf die andere mittels eines komprimierten

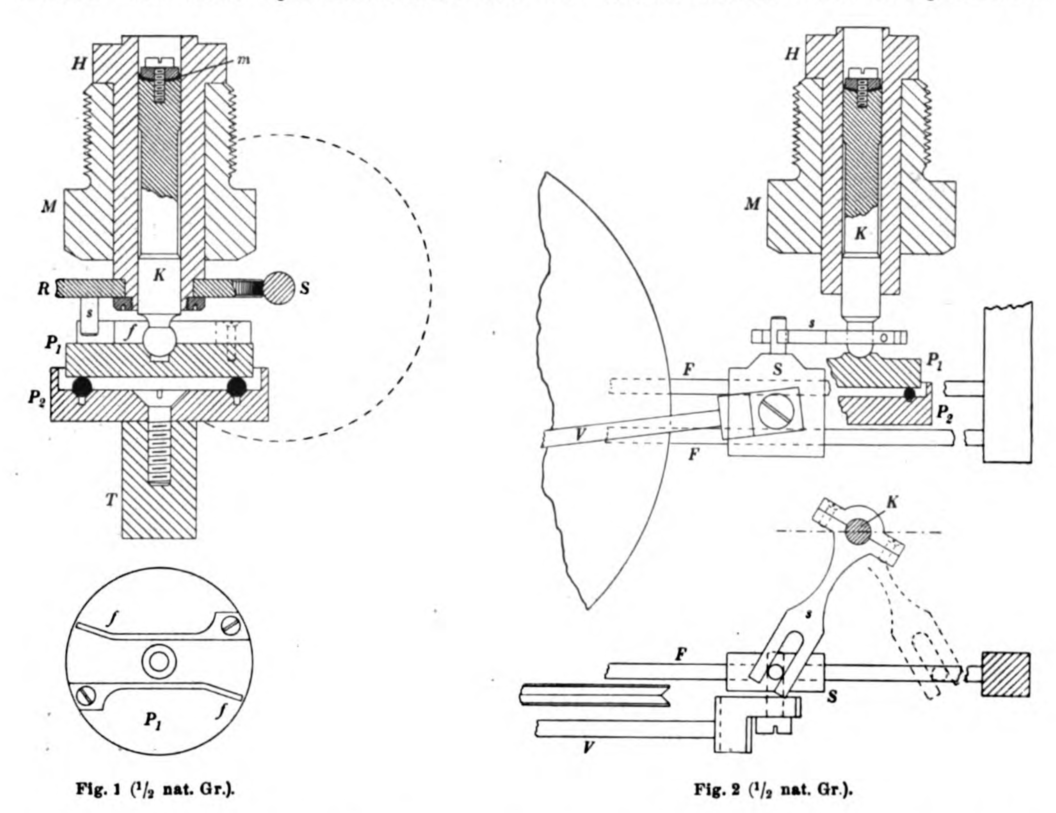


Fig. 1 (1/2 nat. Gr.). Fig. 2 (1/2 nat. Gr.).

Gases und nicht durch Wasser geschieht, ist von Kamerlingh Onnes[3]) für das physikalische Laboratorium der Universität Leiden konstruiert worden. Dieses Manometer ist für Drucke bis 100 Atm. eingerichtet und hat sich bei den vielfältigen Untersuchungen des genannten Forschers über die Gasgesetze ausgezeichnet bewährt.

Ferner hat Hr. Stückrath vor einigen Jahren für die russische Kammer für Maß- und Gewichtswesen in St. Petersburg ein Manometer nach demselben System

[1]) Siehe Tätigkeitsbericht der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt f. 1892. *Diese Zeitschr.* ***13.*** *S. 125. 1893* und H. F. Wiebe, Apparate zur Messung höherer Drucke. *Zeitschr. f. komprim. u. flüss. Gase* ***1.*** *S. 8. 1897.*

[2]) Siehe Tätigkeitsbericht der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt f. 1896. *Diese Zeitschr.* ***17.*** *S. 141. 1897.*

[3]) H. Kamerlingh Onnes, *A standard open manometer of reduced height with transference of compressed gas. Communic. Phys. Labor. Univers. Leiden Nr. 44. S. 3. 1898.*

wie für die Reichsanstalt für Drucke bis 100 *kg/qcm* konstruiert, das sich neueren Mitteilungen zufolge dortselbst in Gebrauch befinden soll.

Für höhere Drucke als 100 Atm. sind meines Wissens Manometer nach dem gebrochenen System bisher noch nicht benutzt worden. Wo also, wie z. B. im Laboratorium, die räumlichen Verhältnisse in der Höhe beschränkt sind, wird man sich anderer Methoden zur Messung der höheren Drucke bedienen müssen. Von diesen Methoden kommt besonders die Gewichtsmethode in Betracht, die auf dem Prinzip beruht, daß der Druck auf einen beweglichen Kolben durch Gewichte bestimmt wird. Man kann dies auf verschiedenen Wegen erreichen, entweder durch Belastung des Kolbens mit Gewichten von oben oder durch Anhängen der Gewichte am unteren Ende des Kolbens oder durch Einschaltung einer ungleicharmigen Wage zur Übertragung des Drucks. Letztere Methode hat gegenüber der ersteren den Vorzug, daß selbst für hohe Drucke nur verhältnismäßig kleine Gewichte erforderlich sind. Sie wird in der Reichsanstalt zu der Prüfung von Federmanometern für hohe Drucke angewendet. Der dazu benutzte Apparat ist die 1892 von P. Stückrath in Friedenau hergestellte Druckwage, deren Konstruktion ich in der bereits angeführten Abhandlung über die Apparate zur Messung hoher Drucke beschrieben habe. Diese Druckwage ist für Drucke bis zu 500 *kg/qcm* verwendbar.

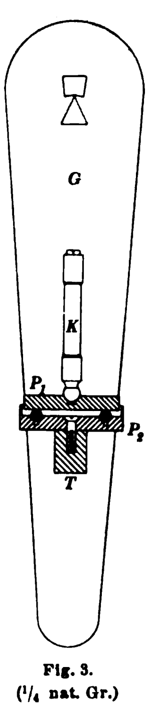


Fig. 3. (1/4 nat. Gr.)

Die Hauptbestandteile der Stückrathschen Druckwage bilden die Hohlzylinder und der darin bewegliche Kolben, auf dessen obere Fläche der hydraulische Druck wirkt, während der Kolben mit seinem unteren Teil auf das Gehänge des kurzen Hebelarms der Wage drückt. Dieser Druckwirkung wird an dem langen Hebelarm durch Gewichte das Gleichwicht gehalten.

Im Jahre 1905 ist für die Reichsanstalt von Stückrath eine zweite Druckwage geliefert worden, die für Drucke bis 1000 *kg/qcm* eingerichtet und mit einer Vorrichtung zum Drehen des Kolbens um seine Achse versehen ist, um die Reibungseinflüsse beim Auf- und Niedergehen des Kolbens in dem Hohlzylinder aufzuheben. Nachträglich hat die ältere Druckwage eine ähnliche Einrichtung erhalten, die aber nicht ein vollständiges Rotieren des Kolbens, sondern nur seine Drehung um einen Winkel von 60° bewirkt.

Beide Drehvorrichtungen sind in Fig. 1 u. 2 abgebildet.

Fig. 1 stellt den Hohlzylinder mit der Drehvorrichtung der neuen Druckwage dar. Der Hohlzylinder *H* wird mittels der Mutter *M* in einem massiven Metallblock[1]) befestigt, der gleichzeitig als Lager für die Wage dient. In dem Hohlzylinder bewegt sich der Kolben *K*, der oben mit einer Manschette *m* aus Goldschlägerhaut abgedichtet ist und unten auf einem Kugellager ruht. Dies besteht aus einer oberen, gehärteten Pfanne P_1, welche auf Stahlkugeln läuft, die in der unteren Pfanne P_2 in einer Rille liegen. Die untere Pfanne ist auf dem Stege *T* im Gehänge *G* befestigt (siehe Fig. 3). An dem unteren Ende des Hohlzylinders ist außen ein Schneckenrad *R* mit Mitnehmerstiften *s* angebracht, das durch die Schraube ohne Ende *S* in Rotation versetzt werden kann. Der Antrieb kann mittels eines Motors oder von Hand erfolgen. Die Mitnehmerstifte drücken bei der Rotation des Schneckenrades gegen die Federn *f* auf

[1]) Dieser Block bestand zuerst aus Messing, später ist er durch einen solchen aus Gußstahl ersetzt worden, da der erstere durch die Beanspruchungen beim Einschrauben der Hohlzylinder allmählich deformiert wurde, sodaß er gegen hohe Drucke nicht mehr dicht hielt.

16*

der oberen Pfanne und setzen diese in Bewegung, die sich dem durch Reibung in der Pfanne festgehaltenen Kolben mitteilt. Die Geschwindigkeit der Rotation wird so geregelt, daß sich der Kolben in einer Minute drei- bis viermal um seine Achse dreht.

Fig. 2 gibt die Drehvorrichtung für die alte Druckwage wieder. Der Mitnehmer *s* ist am unteren Teil des Kolbens *K* befestigt und umfaßt den Stift des Schiebers *S*, der auf den beiden Führungsstangen *F* mittels der Schnurscheibe und einer Verbindungsstange *V* hin und herbewegt wird, sodaß der Kolben um seine Achse eine pendelartige Bewegung ausführt.

Die Kolben sind an ihrem unteren Ende kugelförmig ausgebildet. Bei der von G. Klein[1]) beschriebenen Druckwage ist das Kolbenende kegelförmig gestaltet, wodurch Zwangsbewegungen des Kolbens eintreten können, die Druckschwankungen zur Folge haben.

Für jede der beiden Druckwagen der Reichsanstalt sind zwei Hohlzylinder mit den zugehörigen Kolben von einem ganzen bezw. einem halben Quadratzentimeter Querschnitt vorhanden. Die Hohlzylinder und Kolben sind aus Nickelstahl mit 25% Nickelgehalt hergestellt, sodaß sie durch Temperatureinflüsse geringere Änderungen in ihren Dimensionen erfahren als solche aus reinem Stahl[2]).

Tabelle I.
Hebelverhältnis bei beiden Druckwagen.

Belastung in Gramm am langen Hebelarm	Belastung in Gramm am kurzen Hebelarm	Hebelverhältnis
	Druckwage I	
20,00	199,97	9,9985
50,00	499,97	9994
50,00	95	9991
100,00	999,88	9989
100,00	83	9984

Die Unterschiede der Werte für das Hebelverhältnis zeigen, daß die Werte selbst bis auf etwa drei Einheiten der vierten Dezimale als sicher anzusehen sind; demnach beträgt im Mittel die Korrektion für das Hebelverhältnis:

$$-0{,}00011\,p \pm 0{,}00003.$$

Belastung in Gramm am langen Hebelarm	Belastung in Gramm am kurzen Hebelarm	Hebelverhältnis
	Druckwage II	
499,97	4999,92	10,0004
97	92	0004
97	92	0004
999,95	9999,91	0004
94	91	0005
96	91	0003
1999,90	19999,86	0004
88	86	0005

Mittlere Korrektion für das Hebelverhältnis: $+0{,}00004\,p \pm 0{,}00001$.

[1]) G. Klein, Untersuchung und Kritik von Hochdruckmessern. *Inaugural-Dissertation, Berlin 1909. S. 4 u. 14.*

[2]) Zur Reduktion auf Normaltemperatur ist für die thermische Ausdehnung des Nickelstahls mit 25% Nickel der Wert 0,008 *mm* pro Meter und Grad C. zugrunde gelegt worden.

Die zur Belastung der Kolben verwendeten Gewichte sind von der Kaiserlichen Normal-Eichungs-Kommission in Charlottenburg geprüft worden.

Das Hebelverhältnis wurde bei beiden Wagen durch mehrere verschieden große Belastungen bestimmt, wobei sich vorstehende Werte ergeben haben.

Bei der Bestimmung des Hebelverhältnisses für die Druckwage I standen mir geeichte größere Gewichte noch nicht zur Verfügung, weshalb kleinere geeichte Gewichte benutzt werden mußten. Deshalb ist auch der wahrscheinliche Fehler der Korrektion für das Hebelverhältnis bei dieser Wage bedeutend größer ausgefallen als bei der Druckwage II. Trotzdem ist er so klein, daß die Unsicherheit in der Druckbestimmung erst bei einer Belastung von 1000 *kg/qcm* auf 0,01 *kg* steigt. Die Fehlerquelle, die aus einer etwaigen Unsicherheit in der Bestimmung des Hebelverhältnisses entsteht, ist demnach ganz zu vernachlässigen.

Es kommt daher für die Genauigkeit der Druckmessung vor allem darauf an, die Größe der für den Druck wirksamen Fläche möglichst genau zu kennen. Da der Kolben am oberen Teile mit einer dicht schließenden Manschette versehen ist, sodaß keine Flüssigkeit zwischen Kolben und Zylinderwand durchdringen kann, so ist die wirksame Druckfläche durch den Querschnitt des Hohlzylinders gegeben. Hierin liegt ein Vorzug der Stückrathschen Druckwage gegenüber den von Amagat und Anderen konstruierten Apparaten, bei denen beständig Flüssigkeit durchgedrückt wird. Im letzteren Falle ist es schwer, die für den Druck wirksame Fläche genau zu bestimmen, da man nicht ohne weiteres wissen kann, wie dick die Flüssigkeitsschicht ist, die an der äußern Fläche des Kolbens haften bleibt, an der Bewegung des Kolbens teilnimmt und daher der funktionellen Druckfläche des Kolbens hinzuzurechnen ist.

Nun hat zwar E. Wagner[1]) eine Gewichtsmethode angegeben, um den wirksamen Querschnitt des Kolbens experimentell zu bestimmen, allein die damit von ihm erhaltenen Werte stimmen nicht mit denjenigen überein, die er aus den geometrisch ausgemessenen Querschnitten von Hohl- und Vollzylindern abgeleitet hat[2]). Es bleibt demnach bei dieser Methode über die zugrunde zu legende Größe des wirksamen Querschnitts eine gewisse Unsicherheit bestehen, die bei der Stückrathschen Druckwage fortfällt.

Um die Querschnitte der Hohlzylinder zu bestimmen, sind diese mehrfach mit destilliertem Wasser ausgewogen. Hierzu wurden die auf beiden Enden ganz plan geschliffenen Hohlzylinder am unteren Ende mit einer planen Glasplatte verschlossen, die durch eine einfache mechanische Vorrichtung fest angedrückt wurde; dann wurde der Innenraum mit Wasser gefüllt und nun vorsichtig am oberen Ende des Hohlzylinders eine zweite Glasplatte übergeschoben, wobei die Wasserfüllung mit einer feinen Pipette genau reguliert wurde. Die Temperatur des Wassers wurde vor und nach dem Einfüllen gemessen und möglichst genau auf Zimmertemperatur (19^0 bis 20^0) gehalten. Bei fünfmaliger Auswägung jedes Hohlzylinders ergab sich durchschnittlich ein wahrscheinlicher Fehler der Masse der Wasserfüllung von 0,3 *mg*.

Das für das Volumen des Hohlzylinders gefundene Resultat bedurfte noch einer geringen Verbesserung für die an den Innenkanten vorhandenen kleinen Facetten, die angebracht worden waren, um eine Verletzung des Kolbens beim Einsetzen und Drehen zu vermeiden. Eine genaue Bestimmung des Volumens der facettierten Teile ließ sich wegen der Abrundung der Flächen nicht ausführen; man mußte sich

[1]) *Ann. d. Physik* **15**. *S. 906. 1904.*

[2]) Nach E. Wagner liegt der funktionelle Querschnitt in der Mitte zwischen den Querschnitten des Hohl- und Vollzylinders.

daher mit Schätzungen begnügen. Die hierdurch bedingten Fehler können indes kaum mehr als 1 *cmm* betragen[1]). Der Gesamtfehler in der Volumenbestimmung würde sich demnach auf etwa 1,3 *mg* belaufen. Diesem entspricht eine Unsicherheit in der Querschnittsbestimmung der Hohlzylinder von 0,000179 *qcm*.

Die Länge der Hohlzylinder ist im Präzisionsmechanischen Laboratorium der Reichsanstalt mit einer Unsicherheitsgrenze von ± 0,002 *mm* bestimmt worden, was einer Unsicherheit in der Querschnittsbestimmung der Hohlzylinder 1 und 3 von 0,000028 *qcm* und der Hohlzylinder 2 und 4 von 0,000014 *qcm* entspricht, sodaß die aus der Auswägung resultierende Ungenauigkeit in der Querschnittsbestimmung im ganzen auf rund 0,0002 *qcm* zu veranschlagen ist. Dieser Ungenauigkeit entspricht in der Druckbestimmung mit den Kolben 1 und 3 ein Fehler von 0,04 *kg* bei einer Belastung von 200 *kg/qcm* und mit den Kolben 2 und 4 ein Fehler von 0,20 *kg* bei einer Belastung von 500 *kg/qcm*. Bei 20 *kg/qcm* beträgt der Fehler nur 0,004 *kg*.

Nachstehend sind die für Inhalt und Länge der Hohlzylinder ermittelten Zahlen und die daraus berechneten Querschnitte angegeben; zugleich ist dabei das Gewicht der Kolben und für Druckwage I auch des Mitnehmers aufgeführt. Diese Gewichte wirken am kurzen Arm der Druckwage und sind an ihr nicht ausgeglichen.

Tabelle II.

Bezeichnung des Hohlzylinders		Inhalt bei 20° C.	Länge bei 20° C.	berechneter Querschnitt bei 20° C.	Gewicht	
					des Kolbens	des Mitnehmers
		ccm	*cm*	*qcm*	*kg*	*kg*
Druckwage I	1	7,2619	7,2636	0,99977	0,0512	0,0146
	2	3,6445	7,2594	0,50204	0,0262	
Druckwage II	3	7,1062	7,0978	1,00118	0,0573	
	4	3,5527	7,0939	0,50081	0,0289	

Aus vorstehenden Zahlen und den in Tab. I angegebenen Hebelverhältnissen leiten sich nun folgende Korrektionsformeln für die Drucke p in *kg/qcm* ab.

Druckwage	Hohlzylinder	Korrektionsformeln in *kg/qcm*
I	1	$-0{,}066 + 0{,}00012\,p$
	2	$-0{,}082 - 0{,}00419\,p$
II	3	$-0{,}057 - 0{,}00114\,p$
	4	$-0{,}061 - 0{,}00158\,p$

Nach diesen Formeln ist die Tab. III berechnet, in der zu den jeweiligen Drucken die zugehörigen korrigierten Anzeigen der beiden Druckwagen für die 4 Hohlzylinder angegeben sind.

Zu den in Tab. II berechneten Querschnitten ist noch zu bemerken, daß sie die mittleren Querschnitte der Hohlzylinder darstellen, während für die Druckbestimmung nur derjenige Querschnitt in Frage kommt, den der Hohlzylinder an der Stelle hat, wo die am Kolben befestigte Dichtungsmanschette sich bewegt. Allein nach der ganzen Art der Herstellung der Hohlzylinder ist nicht anzunehmen, daß sie erheblich von der Zylinderform abweichen. Immerhin bleibt die Abweichung von der Zylinderform eine Fehlerquelle, über deren Größe noch besondere Untersuchungen anzustellen wären.

[1]) Um diese Unsicherheit künftig zu vermeiden, sind für beide Druckwagen neue Hohlzylinder aus Nickelstahl beschafft, bei denen die Facettierung der scharfen Innenkanten erst nach der Auswägung vorgenommen ist.

Tabelle III.

Belastung kg/qcm	Korrigierte Druckangaben in kg/qcm			
	Druckwage I		Druckwage II	
	Hohlzylinder 1	Hohlzylinder 2	Hohlzylinder 3	Hohlzylinder 4
20	19,936	19,834	19,920	19,907
50	49,94	49,71	49,89	49,86
100	99,95	99,50	99,83	99,78
150	149,95	149,29	149,77	149,70
200	199,96	199,08	199,71	199,62
250	249,96	248,87	249,66	249,54
300	299,97	298,66	299,60	299,46
350		348,45		349,39
400		398,24		399,31
450		448,03		449,23
500		497,82		499,15

Es mag noch erwähnt werden, daß die Durchmesser der Kolben nach den Messungen des Präzisionsmechanischen Laboratoriums im Mittel um 0,015 *mm* (zwischen 0,013 *mm* und 0,017 *mm*) kleiner sind als die Durchmesser der Hohlzylinder.

Von sonstigen Fehlerquellen in der Druckbestimmung mit der Stückrathschen Druckwage kommt besonders der Einfluß der Reibung des Kolbens in dem Hohlzylinder in Betracht. Dieser Einfluß macht sich dadurch kenntlich, daß die Angaben der Druckwage bei steigender und sinkender Belastung für dieselbe Gewichtsgröße nicht genau zusammenfallen. Es gehört ein geringer Überdruck dazu, um jedesmal die erste Bewegung des Kolbens einzuleiten, sodaß eine gewisse Indifferenzbreite besteht, innerhalb welcher die Druckwage gegen Druckänderungen unempfindlich ist. Man kann daher mit der Druckwage nicht aus einer einzigen Wägung den Druck bestimmen, muß vielmehr zwei Wägungen, eine bei steigendem und eine bei sinkendem Druck, vornehmen und aus dem Mittel beider Angaben den wahren Druck herleiten.

Bei der ersten Vergleichung der älteren Druckwage mit dem Quecksilbermanometer[1]) betrug die Indifferenzbreite zwar bis zu 2 *kg* bei 20 *kg*, d. i. bis 10% des zu messenden Druckes, allein die Mittel der Angaben des Quecksilbermanometers bei Belastung und Entlastung stimmten für die verschiedenen Vergleichsreihen bis auf 0,03 *kg* überein. Später[2]), bei Prüfung einer für das Königliche Material-Prüfungsamt bestimmten Druckwage mit rotierendem Stempel, ist es gelungen, die Indifferenzbreite bis auf viel kleinere Beträge einzuschränken, sodaß die Unterschiede zwischen Belastung und Entlastung (gemessen durch kleine Zulagegewichte) bei Drucken bis 200 *kg/qcm* sehr geringfügig waren und bei 400 *kg/qcm* Druck nur 0,19 *kg*, d. i. 0,05%, betrugen.

Bei den weiterhin mitgeteilten Versuchen ist die Indifferenzbreite noch kleiner ausgefallen, namentlich bei der Druckwage I, nachdem deren Kolben zum Drehen um einen Winkel von 60 Grad eingerichtet worden ist. Bei dieser Wage fallen die Angaben des Quecksilbermanometers bei Drucken von 20 *kg* bei Belastung und Entlastung fast vollständig zusammen, während bei der Druckwage II mit ganz rotierendem Kolben die Indifferenzbreite auch nur wenige hundertstel *kg* beträgt, sodaß in

[1]) Wiebe, Apparate zur Messung höherer Drucke. *A. a. O. S. 81.*

[2]) Vgl. den Tätigkeitsbericht der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt f. 1902. *Diese Zeitschr.* **23.** *S. 176. 1903.*

diesen Fällen der durch Reibung verursachte Fehler fast ganz fortfällt. Aber auch in den höchsten Drucken ist diese Fehlerquelle außerordentlich klein, da die Indifferenzbreite nur bis etwa 0,2 *kg* steigt.

Es ist noch eine Korrektion für die Druckangaben der Wage zu erwähnen, die darin besteht, daß die Hohlzylinder durch die Druckwirkung vorübergehend gedehnt werden. Wenn zur Berechnung der Vergrößerung des wirksamen Querschnitts des Hohlzylinders die von Grashof[1]) entwickelte Formel benutzt wird, so ergeben sich für die hier benutzten Hohlzylinder 1 bis 4 nach W. Meißner[2]) als Korrektionen für die Anzeigen der Druckwagen folgende Beträge.

Tabelle IV.

Druck p *kg/qcm*	Korrektionen in *kg/qcm* für Hohlzylinder			
	1	2	3	4
20	— 0,001	— 0,001	— 0,001	— 0,001
50	— 0,005	— 0,004	— 0,004	— 0,004
100	— 0,02	— 0,02	— 0,02	— 0,02
150	— 0,05	— 0,04	— 0,04	— 0,03
200	— 0,08	— 0,07	— 0,07	— 0,06
300		— 0,15		— 0,14
400		— 0,27		— 0,24
500		— 0,41		— 0,38

Diese Korrektionen sind noch an den in Tab. III aufgeführten Druckanzeigen der Wagen anzubringen, um absolute Drucke zu erhalten. Die Unsicherheit dieser Korrektionen für Dehnung der Hohlzylinder dürfte auf etwa 25 % ihres Betrages zu veranschlagen sein[3]), sodaß die Drucke bei 200 *kg/qcm* auf 0,02 *kg* und bei 500 *kg/qcm* auf 0,10 *kg* fehlerhaft sein dürften, welche Beträge noch zu den auf *S. 210* angegebenen Fehlern hinzuzuzählen sind. Hiernach beläuft sich die gesamte Unsicherheit einer Druckbestimmung mit der Stückrathschen Druckwage bei 200 *kg/qcm* auf 0,06 *kg* und bei 500 *kg/qcm* auf 0,30 *kg*.

Um nun festzustellen, wie weit tatsächlich eine solche Genauigkeit erreicht worden ist, sind die beiden Druckwagen mit ihren verschiedenen Hohlzylindern und Kolben bei 20 *kg/qcm* mit dem Quecksilbermanometer und darüber hinaus unter sich verglichen worden[4]). Letztere Vergleichung ergibt zwar nur relative Werte, die sich aber aller Wahrscheinlichkeit nach nicht weit von den absoluten Werten entfernen dürften.

[1]) Grashof, Die Festigkeitslehre. Berlin 1866. *S. 233.*

[2]) W. Meißner, Über den Einfluß der elastischen Dehnung des Hohlzylinders auf die Angaben der Stückrathschen Druckwage. *Diese Zeitschr.* **30.** *S. 137. 1910.*

[3]) W. Meißner, *a. a. O. S. 138.* Bezüglich der Anwendbarkeit der Grashofschen Formel, die sich auf einen an den Enden nicht geschlossenen Hohlzylinder bezieht, mag noch erwähnt werden, daß der Hohlzylinder *H* (vgl. Fig. 1) an der oberen Fläche des Flansches gegen den Metallblock, in dem er durch die Mutter *M* befestigt wird, durch eine Lederscheibe abgedichtet ist. Bei der Nachgiebigkeit des Leders können daher Kräfte, die die Dehnung des Hohlzylinders beeinträchtigen, an der oberen Fläche des Flansches nicht auftreten, während bei einem durch einen festen Boden geschlossenen Hohlzylinder die Dehnungen in der Nähe des Bodens kleiner sein werden als in einem größeren Abstand vom Boden.

[4]) Diese Vergleichungen sowie die auf *S. 209* angegebenen Auswägungen der Hohlzylinder sind größtenteils von dem Technischen Sekretär F. Knackfuß ausgeführt worden.

Tabelle V.

1. Einzelne Vergleichung der Druckwagen mit dem Quecksilbermanometer.

Angaben in *kg/qcm*.

Datum 1907	Quecksilbermanometer bei steigendem Druck	Quecksilbermanometer bei sinkendem Druck	Mittel	Indifferenzbreite
20. 4.	19,955	19,949	19,952	0,006
	940	938	939	0,002
	945	942	944	0,003
23. 4.	950	946	948	0,004
	954	945	950	0,009
	945	942	944	0,003
20. 9.	939	936	938	0,003
	947	940	944	0,007
	942	936	939	0,006
		Mittel:	19,944	0,005
		Druckwage I mit Hohlzylinder 1:	19,935	
		Quecksilbermanom. — Hohlzylinder 1:	+ 0,009	
18. 1.	19,836	19,831	19,834	0,005
	842	833	838	0,009
	840	830	835	0,010
18. 4.	852	846	849	0,006
	861	854	858	0,007
	853	843	848	0,010
2. 10.	853	833	843	0,020
	859	851	855	0,008
	852	854	853	0,002
		Mittel:	19,846	0,008
		Druckwage I mit Hohlzylinder 2:	19,833	
		Quecksilbermanom. — Hohlzylinder 2:	+ 0,013	
4. 5.	19,898	19,886	19,892	0,012
	895	887	891	0,008
	906	905	906	0,001
6. 5.	929	871	900	0,058
	911	879	895	0,032
	903	874	889	0,029
20. 9.	939	918	929	0,021
	920	920	920	0,000
	915	911	913	0,004
		Mittel:	19,904	0,018
		Druckwage II mit Hohlzylinder 3:	19,919	
		Quecksilbermanom. — Hohlzylinder 3:	— 0,015	
19. 7.	19,931	19,881	19,906	0,050
	946	931	939	0,015
	939	903	921	0,036
20. 8.	935	915	925	0,020
	923	851	887	0,072
	908	866	887	0,042
2. 10.	903	898	901	0,005
	886	866	876	0,020
	901	890	896	0,011
		Mittel:	19,904	0,030
		Druckwage II mit Hohlzylinder 4:	19,906	
		Quecksilbermanom. — Hohlzylinder 4:	— 0,002	

Tabelle V (Fortsetzung).

2. Gleichzeitige Vergleichung zweier Druckwagen mit dem Quecksilbermanometer.

Angaben in *kg/qcm*.

Datum 1907	Quecksilbermanometer bei steigendem Druck	Quecksilbermanometer bei sinkendem Druck	Indifferenzbreite	Druckwage I Hohlzylinder 1	Druckwage I Korrektion	Druckwage II Hohlzylinder 3	Druckwage II Korrektion
16. 10.	19,947		0,002	19,935	+ 0,012	19,942	+ 0,005
		19,945		935	+ 0,010	944	+ 0,001
17. 10.	19,949		0,001	935	+ 0,014	947	+ 0,002
		19,948		935	+ 0,013	950	— 0,002
				Mittel:	+ 0,012		+ 0,001
				Hohlzylinder 2	Korrektion	Hohlzylinder 4	Korrektion
17. 10.	19,907		0,006	19,903	+ 0,004	19,906	+ 0,001
		19,901		903	— 0,002	906	— 0,005
	19,911		0,010	905	+ 0,006	906	+ 0,005
		19,901		905	— 0,004	906	— 0,005
		Mittel:	0,005		+ 0,001		— 0,001

Die Prüfung der Hohlzylinder mit dem Quecksilbermanometer hat sowohl einzeln wie paarweise stattgefunden. Jede Prüfung ist bei steigendem und bei sinkendem Druck ausgeführt. Das Mittel aus den beiden zugehörigen Ablesungen am Quecksilbermanometer ergibt den wahren Druck und der Unterschied beider Ablesungen ergibt die Indifferenzbreite für den entsprechenden Hohlzylinder und Kolben. Bei der gleichzeitigen Vergleichung zweier Druckwagen mit dem Quecksilbermanometer mußte zur Herstellung des Gleichgewichts die eine der beiden Wagen noch mit kleinen Zulagegewichten belastet werden, die den Unterschieden in den Angaben der beiden Wagen entsprachen. Die Wagen zeigten dabei eine so große Empfindlichkeit, daß sie noch zehntel Gramm angaben.

Die Ablesungen am Quecksilbermanometer sind auf 0° C. und normale Schwere[1]) umgerechnet worden.

Die vorstehende Tab. V gibt die Resultate der Vergleichungen der Druckwagen mit dem Quecksilbermanometer. Die Indifferenzbreite steigt bei der Einzelvergleichung der Druckwagen mit dem Quecksilbermanometer bis 0,07 *kg/qcm*, während sie bei gleichzeitiger Vergleichung zweier Druckwagen mit dem Quecksilbermanometer nur bis höchstens 0,01 *kg/qcm* beträgt. Die Empfindlichkeit der Wagen ist also in letzterem Falle sehr viel größer, als wenn sie einzeln benutzt werden; aber auch in ersterem Falle sind die aus der geringeren Empfindlichkeit entstehenden Fehler so klein, daß sie bei der Druckbestimmung nicht in Betracht kommen. Den Grund für die größere Empfindlichkeit bei gleichzeitiger Benutzung zweier Druckwagen vermag ich nicht anzugeben.

Aus den Vergleichungen ergeben sich die auf folgender Seite oben angeführten Unterschiede zwischen dem Quecksilbermanometer und den Druckwagen.

Für die Hohlzylinder 1 und 4 stimmen die Werte der dritten und vierten Spalte gut überein, während für die Hohlzylinder 2 und 3 sich Abweichungen von 0,012 und 0,016 *kg* ergeben. Immerhin darf man annehmen, daß sich mit einer einzelnen Druckwage der Druck von 20 *kg/qcm* mit einer absoluten Genauigkeit von 0,01 *kg*, d. h. also

[1]) Schwere in 45° Breite und Meeresniveau.

Druckwage	Hohlzylinder	Einzel-vergleichung *kg*	paarweise Vergleichung *kg*	Mittel
I	1	+ 0,009	+ 0,012	+ 0,010
	2	+ 0,013	+ 0,001	+ 0,007
II	3	— 0,015	+ 0,001	— 0,007
	4	— 0,002	— 0,001	— 0,002
	Mittel	+ 0,001	+ 0,003	+ 0,002

Tabelle VI.

Vergleichung der beiden Druckwagen miteinander:

a) durch Vermittelung von Federmanometern,

b) durch direkte Vergleichung unter Benutzung von Zulagegewichten.

	a				Mittel	b					Mittel
	Differenz (2 — 4) zwischen der Druckwage I mit Hohlzylinder 2 und der Druckwage II mit Hohlzylinder 4										
	14. 9. 07	17. 9. 07	9. 10. 07	10. 10. 07		15. 10. 07	15. 10. 07	16. 12. 07	17. 12. 07	17. 12. 07	
kg/qcm	Belastung	Mittel aus Belastung und Entlastung			*kg/qcm*	Belastung				Entlastung	*kg/qcm*
100	— 0,01	+ 0,05	+ 0,04	+ 0,02	+ 0,02	— 0,02	— 0,01	— 0,03	— 0,03	— 0,01	— 0,02
200	+ 0,02	+ 0,08	+ 0.06	+ 0,03	+ 0,05	- 0,01	— 0,01	— 0,01	— 0,01	— 0,01	— 0,01
300	— 0,09	— 0,03	— 0,02	— 0,01	— 0,04	+ 0,03	+ 0,03	+ 0,05	+ 0,03	+ 0,05	+ 0,04
400	+ 0,10	+ 0,21	+ 0,29	+ 0,09	+ 0,17	+ 0 11	+ 0,10	+ 0,06	+ 0,06	+ 0,06	+ 0,08
500	+ 0,09	+ 0,09	+ 0,46	+ 0,17	+ 0,20	+ 0,19	+ 0,21	+ 0,12	+ 0,10	+ 0,10	+ 0,14
	Differenz (1 — 3) zwischen der Druckwage I mit Hohlzylinder 1 und der Druckwage II mit Hohlzylinder 3										
	19. 9. 07	19. 9. 07	11. 10. 07	11. 10. 07	Mittel		16. 10. 07	16. 10. 07			Mittel
kg/qcm	Mittel aus Belastung und Entlastung				*kg/qcm*		Belastung	Entlastung			*kg/qcm*
50	— 0,01	+ 0,01	0,00	— 0,02	— 0,01		— 0,02	— 0,02			— 0,02
100	+ 0,01	+ 0,04	— 0,01	— 0,01	+ 0,01		— 0,01	— 0,01			— 0,01
150	+ 0,03	+ 0,09	+ 0,01	+ 0,05	+ 0,04		— 0,03	— 0,03			- 0,03
200	+ 0,03	+ 0,11	+ 0,01	+ 0,02	+ 0,04		— 0,03	— 0,03			— 0,03
	Differenz (2 — 3) zwischen der Druckwage I mit Hohlzylinder 2 und der Druckwage II mit Hohlzylinder 3										
		21. 9. 07					19. 10. 07	19. 10. 07			Mittel
kg/qcm		Mittel aus Be- und Entlastung					Belastung	Entlastung			*kg/qcm*
50		+ 0,06					— 0,03	— 0,04			— 0,03
100		+ 0,03					— 0,05	— 0,06			— 0,05
150		+ 0,07					— 0,09	— 0,07			— 0,08
200		+ 0,05					— 0,11	— 0,10			— 0,10
	Differenz (1 — 4) zwischen der Druckwage I mit Hohlzylinder 1 und der Druckwage II mit Hohlzylinder 4										
		24. 9. 07					18. 10. 07	18. 10. 07			Mittel
kg/qcm		Mittel aus Be- und Entlastung					Belastung	Entlastung			*kg/qcm*
50		— 0,01					— 0,03	— 0,02			— 0,03
100		— 0,05					— 0,03	— 0,01			— 0,02
150		— 0,02					— 0,03	— 0,03			— 0,03
200		— 0,05					— 0,01	— 0,02			— 0,02

bis auf $^1/_{2000}$, bestimmen läßt. Im Mittel aus den vier Hohlzylindern ergibt sich bei beiden Reihen eine volle Übereinstimmung mit dem Quecksilbermanometer innerhalb der Meßgenauigkeit, die auf *S. 210* für 20 *kg/qcm* auf 0,004 *kg* veranschlagt worden ist.

Die Prüfung bei höheren Drucken (über 20 *kg/qcm*) fand in der Weise statt, daß die Druckwagen einzeln durch Vermittlung von Federmanometern und paarweise miteinander verglichen wurden. Die Vergleichung mit den Federmanometern wurde nur deswegen ausgeführt, um gleichzeitig ein Urteil über die Genauigkeit dieser Art Instrumente zu gewinnen.

Tabelle VII.

Vergleichung der beiden Druckwagen miteinander (Beispiele):

a) durch Vermittelung von Federmanometern am 17. 9. 1907.

Angaben in *kg/qcm*

Korrigierte Angabe der Druckwage I mit Hohlzylinder 2	Korrektionen der Federmanometer 1 957 038 gegen die Druckwage	Korrektionen der Federmanometer 1 957 039 gegen die Druckwage	Korrigierte Angabe der Druckwage II mit Hohlzylinder 4	Korrektionen der Federmanometer 1 957 038 gegen die Druckwage	Korrektionen der Federmanometer 1 957 039 gegen die Druckwage	Differenz 2 — 4 nach 1 957 038	Differenz 2 — 4 nach 1 957 039
			Belastung				
99,48	— 4,55	— 5,45	99,76	— 4,47	— 5,47	+ 0,08	— 0,02
199,01	— 6,59	— 8,54	199,56	— 6,57	— 8,42	+ 0,02	+ 0,12
298,51	— 5,89	— 7,02	299,32	— 5,98	— 7,08	— 0,09	— 0,06
397,97	— 4,31	— 3,96	399,07	— 4,08	— 3,68	+ 0,23	+ 0,28
497,41	— 0,22	+ 0,48	498,77	— 0,08	+ 0,47	+ 0,14	— 0,01
			$^1/_2$ Std. Pause, dann *Entlastung*				
497,41	— 0,39	+ 0,33	498,77	— 0,16	+ 0,34	+ 0,23	+ 0,01
397,97	— 5,83	— 4,81	399,07	— 5,66	— 4,63	+ 0,17	+ 0,18
298,51	— 8,17	— 8,29	299,33	— 8,21	— 8,22	— 0,04	+ 0,07
199,01	— 8,92	— 9,54	199,56	— 8,82	— 9,47	+ 0,10	+ 0,07
99,48	— 6,17	— 6,52	99,76	— 6,19	— 6,34	— 0,02	+ 0,18

b) durch direkte Vergleichung unter Benutzung von Zulagegewichten bei Druckwage I am 15. 10. 1907.

Druckwage I mit Hohlzylinder 2 Belastung *kg*	Druckwage I mit Hohlzylinder 2 Korrigierte Angabe *kg/qcm*	Druckwage II mit Hohlzylinder 4 Belastung *kg*	Druckwage II mit Hohlzylinder 4 Korrigierte Angabe *kg/qcm*	Differenz 2 — 4 *kg/qcm*
3,013	99,74	3	99,76	— 0,02
10,027	199,55	10	199,56	— 0,01
15,042	299,35	15	299,32	+ 0,03
$20,060_5$	399,18	20	399,07	+ 0,11
$25,077_5$	498,96	25	498,77	+ 0,19

Die Resultate der Vergleichungen bei höheren Drucken sind in Tab. VI zusammengestellt. Um dieselbe übersichtlich zu gestalten, sind darin nur die übrigbleibenden Differenzen in den Angaben der Druckwagen aufgenommen und die Ablesungen an den Federmanometern sowie sonstige Einzelheiten fortgelassen worden. Es ist aber aus den in Tab. VII aufgeführten beiden Beispielen zu ersehen, wie bei den Beobachtungen und Berechnungen verfahren ist. Aus dem ersten Beispiel dieser Tabelle geht hervor, wie veränderlich die Korrektionen der Federmanometer sind; sie zeigen beim Hin- und Rückgang in den Angaben an denselben Punkten Differenzen, die bei Nr. 1957038 bis 2,3 *kg* und bei Nr. 1957039 bis 1,3 *kg* betragen. Es ist demnach auch nicht zu verwundern, wenn die daraus abgeleiteten Differenzen der Angaben der beiden

Druckwagen für dieselben Punkte ganz erheblich verschieden ausfallen. Demgegenüber zeigen die durch direkte Vergleichungen gefundenen Differenzen der beiden Druckwagen eine vorzügliche Übereinstimmung unter sich. Es ist deshalb auch berechtigt, nur die letzteren als maßgebend für die Beurteilung der mit den Druckwagen erreichten Genauigkeit in den Druckmessungen anzusehen. Der besseren Übersicht wegen mögen diese Differenzen hier nochmals zusammengestellt werden.

Druck *p* in *kg/qcm*	Differenzen in *kg*			
	2 — 4	1 — 3	2 — 3	1 — 4
50		— 0,02	— 0,03	— 0,03
100	— 0,02	— 0,01	— 0,05	— 0,02
150		— 0,03	— 0,08	— 0,03
200	— 0,01	— 0,03	— 0,10	— 0,02
300	+ 0,04			
400	+ 0,08			
500	+ 0,14			

Bis 200 *kg/qcm* Druck sind die Differenzen sämtlich negativ, was darauf deutet, daß die mit der Druckwage II gemessenen Drucke bis 200 *kg/qcm* etwas größer ausfallen als die mit der Druckwage I bestimmten Drucke, was mit dem auf *S. 215* angegebenen Resultat der Vergleichung bei 20 *kg/qcm* übereinstimmt. Die obigen Differenzen bleiben in drei Fällen erheblich unter den auf *S. 212* für die Genauigkeit der Druckmessung angegebenen Fehlergrenzen, und nur bei der Differenz 2 — 3 werden die letzteren etwas überschritten. Diese gute Übereinstimmung der relativen Werte läßt wohl mit großer Sicherheit den Schluß zu, daß auch die absolute Genauigkeit der Druckbestimmung von nahezu derselben Größenordnung ist. Es ist nämlich höchst unwahrscheinlich, daß die Fehler in der Bestimmung der Korrektionen bei allen vier Hohlzylindern in der gleichen Richtung ausgefallen sind.

Man wird daher auf Grund der vorstehenden Zahlen annehmen dürfen, daß die Genauigkeit in der Bestimmung der absoluten Drucke mit der Stückrathschen Druckwage auch in den Drucken bis 500 *kg* mindestens $^1/_{2000}$ beträgt, mithin eine Grenze einhält, die bisher bei so hohen Drucken nachweisbar noch nicht erreicht worden ist.

Charlottenburg, den 9. Mai 1910.

Ein neuer Nicol für Projektionszwecke.

Von
W. v. Ignatowsky in Berlin.

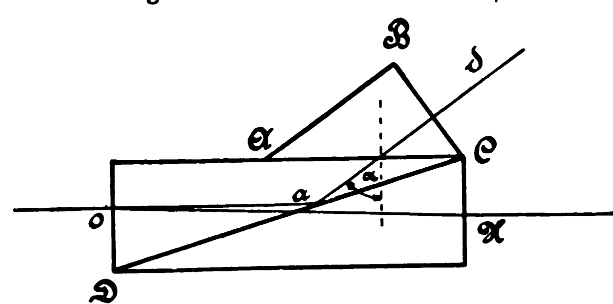
Für die Projektion kristalloptischer Versuche ist es im allgemeinen notwendig, ein paralleles Büschel polarisierten Lichtes zu haben; der Durchmesser dieses Büschels muß möglichst groß sein. Die Polarisation des Büschels wird auf zweierlei Arten hergestellt: entweder bringt man den Polarisator direkt in das Büschel oder an die Stelle, wo sich das Bild der Lichtquelle befindet. Im letztern Fall muß hinter dem Polarisator (im Sinne des Lichtstrahles) noch eine Linse angebracht werden, die das parallele Büschel erzeugt. Gewöhnlich wird diese letztere Art angewandt, da dabei ein kleinerer Nicol erforderlich ist, während bei der ersten Art die freie Öffnung des Nicols sehr groß sein muß, was bei dem hohen Preis des Kalkspates kostspielig ist.

Beide Arten aber haben folgenden Nachteil. Da 50 % vom einfallenden Licht in dem Nicol zurückbleibt, d. h. die ganze im ordentlichen Strahl enthaltene Lichtmenge, so erwärmt sich der Nicol binnen sehr kurzer Zeit, die Kittschicht wird gefährdet, und der Nicol wird für weitere Versuche unbrauchbar.

Im folgenden möchte ich ein Verfahren angeben, welches obigen Übelstand auf eine sehr einfache Weise beseitigt und eine stundenlange Projektion mit Bogenlampen für Stromstärken bis über 30 Ampere gestattet, ohne daß dabei der Nicol auch nur im mindesten darunter leidet.

Die Ursache der Erwärmung ist darin zu suchen, daß der im Nicol reflektierte ordentliche Strahl an den geschwärzten Seiten des Nicols absorbiert wird. Es kam also darauf an, diese Ursache zu beseitigen. Dies ist auf eine überaus einfache Weise dadurch möglich, daß man eine entsprechende seitliche Fläche des Nicols ungeschwärzt läßt und anpoliert und so dem ordentlichen Strahl die Möglichkeit gibt, aus dem Nicol herauszutreten. Nachträglich kann dieser Strahl irgendwie abgeblendet werden, um bei der Projektion nicht störend zu wirken[1]).

Die Figur stellt einen Nicol mit geraden Endflächen dar. Der außerordentliche Strahl *oX* geht durch den Nicol durch, und der ordentliche Strahl *o a* wird an der Kittschicht *DC* reflektiert. Die Fläche *AC* des Nicols ist anpoliert. Da aber der Winkel *α* größer als der Winkel der Totalreflexion ist, so wird noch auf den Nicol ein Glasprisma *ABC* aufgekittet, welches den freien Austritt des ordentlichen Strahles *o a d* aus dem Nicol gestattet.



Bei Verwendung z. B. eines Glanschen Prismas, also mit Luftschicht, ist es dennoch vorteilhafter, die Erwärmung zu vermeiden, weil die Luftschicht durch angekittete Folien-Zwischenlagen gebildet wird, und bei der Erwärmung fließt dann der Kitt in die Luftschicht. Demnach wäre auch hier eine Seitenfläche anzupolieren; aber das Aufkitten eines Glasprismas ist nicht nötig, da hier der Winkel *α* unterhalb des Winkels der Totalreflexion liegt.

Wie gesagt, hat sich eine solche Anordnung in der Praxis bewährt, und zwar bei Anwendung von kleinen Nicols, die an die Stelle des Bildes der Lichtquelle gebracht waren. Nach stundenlanger Projektion mit einer Lampe von 30 Amp. war keine Erwärmung des Nicols nachzuweisen.

Nicols der in der Figur dargestellten Art oder einfachere mit anpolierter Fläche (D.R.G.M. 382769, 382768) liefert die optische Werkstätte von E. Leitz in Wetzlar zu ihren Apparaten für kristalloptische Projektion.

---

[1]) Eine der Seitenflächen hat schon F. Lippich (vgl. *Sitzungsber. d. Wiener Akad.* **91.** *S. 1080. 1885*) anpoliert und dann auch vorgeschlagen, dem Nicol eine Form zu geben, die der Figur im Text entspricht. Ob der Vorschlag von Lippich ausgeführt worden ist, ist mir nicht bekannt; dieser war aber nur zu dem Zweck geschehen, das störende depolarisierte Nebenlicht, welches von der unpolierten Seitenfläche herstammt und bei gekreuzten Nicols eine Aufhellung des Gesichtsfeldes ergibt, zu vermeiden. Auf die Lippichsche Anordnung wurde ich durch eine freundliche Mitteilung des Hrn. Dr. O. Schönrock in Charlottenburg, nach Absendung des Manuskriptes an die Redaktion dieser Zeitschrift, aufmerksam gemacht.

Referate.

Zur Reduktion der Wägungen auf den leeren Raum bei Atomgewichtsbestimmungen.

Von Ph. A. Guye und N. Zachariadès. *Compt. rend.* ***149.*** *S. 1122. 1909.*

Bei der Wägung gepulverter Salze in der gewöhnlichen Weise tritt eine Fehlerquelle auf, welche davon herrührt, daß das gepulverte Salz auf der Oberfläche der einzelnen Körnchen Luft kondensiert. Die Nichtberücksichtigung dieser Fehlerquelle ergibt einerseits ein zu großes scheinbares Gewicht der Substanz, andererseits führt sie dazu, für die Reduktion auf den leeren Raum eine zu große Dichte der Substanz, entsprechend der Dichte der ungepulverten Substanz, anzunehmen, wodurch das Gewicht der Substanz zu klein gefunden wird. Die geschilderte Fehlerquelle wirkt also nach zwei Richtungen, die einander entgegenlaufen. Im allgemeinen wird die an zweiter Stelle genannte Wirkung der Fehlerquelle die an erster Stelle genannte übertreffen, das Gewicht der Substanz wird also insgesamt zu klein gefunden.

Die Verf. haben unternommen, dies auch experimentell nachzuweisen. Sie füllten die gepulverte Substanz in einen offenen Glaskolben und bestimmten das Gewicht der Substanz als Differenz der Gewichte des gefüllten und leeren Kolbens, wobei die Reduktion auf den leeren Raum in der gewöhnlichen Weise ausgeführt wurde. Die Wägungen wurden sodann wiederholt, indem nun aber der durch einen Hahn absperrbare Kolben in beiden Fällen evakuiert war. Auch jetzt erhält man das Gewicht der Substanz als Differenz beider Wägungen; bei der Reduktion auf den leeren Raum scheidet aber jetzt die Menge und Dichte der Substanz ganz aus, es kommt nur noch auf die Volumendifferenz der bei den Wägungen benutzten Gewichtsstücke an.

In der Tat haben die Verf. nach dieser letzteren Art der Gewichtsbestimmung größere Werte bekommen als nach der gewöhnlich benutzten mit ihrer unrichtigen Reduktion auf den leeren Raum. Die Größen der Unterschiede hängen von den benutzten Substanzen ab, erreichen aber teilweise recht erhebliche Beträge; im Falle des Chlornatriums z. B. betrug die Differenz 25 *mg* auf 100 *g*, also $^1/_{4000}$ des Wertes.

Angesichts dieser Tatsache weisen die Verf. darauf hin, daß bei den Atomgewichtsbestimmungen, deren absolute Genauigkeit bisher wohl beträchtlich überschätzt worden ist, in der Zukunft die geschilderte Fehlerquelle zu berücksichtigen sein wird. *Schl.*

Optischer Interferenzindikator.

Von J. Kirner. *Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing.* ***53.*** *S. 1675. 1909.*

Will man sehr rasch sich ändernde und besonders auch sehr hoch ansteigende Drucke indizieren, d. h. in ihrem zeitlichen Verlaufe bestimmen, so wird eine Aufnahme mittels des gewöhnlichen, unmittelbar schreibenden Indikators unsicher, da dieser den schnellen Druckänderungen nicht zu folgen vermag. Es treten dann beträchtliche Abweichungen auf, die erst besonders ermittelt werden müssen. Bessere Resultate ergeben schon die seit 1902 angewandten optischen Indikatoren, bei denen die Durchbiegung einer Membran oder eines Stabes auf einen Spiegel übertragen wird. Beim Aufzeichnen des Druckes bei der Verbrennung von Pulvergemischen in nicht starr abgeschlossenen Behältern, z. B. beim Indizieren des Schusses werden indessen so starke Erschütterungen des Indikators hervorgerufen, daß die Angaben auch der optischen Indikatoren nicht einwandfrei bleiben.

Zur Beseitigung dieser Unannehmlichkeiten hat der Verf. einen neuen optischen Interferenzindikator ersonnen, der sich auch praktisch zum Aufzeichnen des beim Gewehrschuß auftretenden Gasdruckes in seinem zeitlichen Verlauf und somit zur Bestimmung des so wichtigen höchsten Gasdruckes beim Gewehrschuß gut bewährt hat. Diese Vorrichtung besitzt keine durch Gelenke, Rollen oder Schneiden beweglich angebrachten Spiegel oder Prismen und ist daher frei von störendem toten Gang. Der zu messende Druck, d. h. im

vorliegenden Falle der Druck, den ein in den Pulverraum reichender, gasdicht eingeschliffener Stempel ausübt, wirkt vielmehr unmittelbar als Belastung auf zwei sich innig berührende Glaslinsen, zwischen denen die bekannten Newtonschen Interferenzringe erzeugt werden. Das Indikatordiagramm wird in der Weise aufgezeichnet, daß man die entsprechend der Zu- oder Abnahme der Berührungsfläche sich ändernden Farbenringe in ihrem Verlaufe photographisch festhält. Der Durchmesser der Ringe nimmt zu, wenn die Linsen zusammengedrückt werden, und wieder ab, wenn Entlastung eintritt.

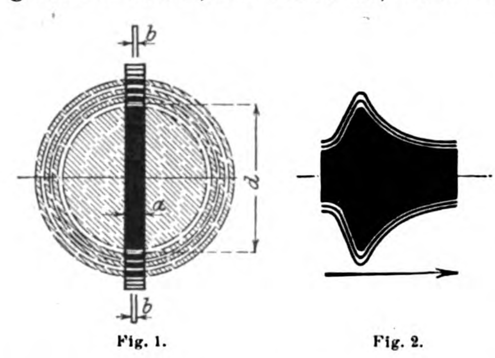


Fig. 1. Fig. 2.

Von den Ringen wird nur ein schmaler Streifen (s. Fig. 1) verwendet und der Rest abgedeckt, sodaß an Stelle der Ringe in der Mitte ein langer Strich und nach außen eine Reihe kurzer Striche zu beobachten ist, die sich bei Änderung der Belastung radial zueinander bewegen. Diese Striche werden nun auf einer sich schnell drehenden photographischen Platte abgebildet. Ändert sich dann während der Aufnahme des Bildes der auf die Linsen ausgeübte Druck, so erhält man ein Bild von ähnlicher Gestalt wie Fig. 2. Um scharfe Kurven zu bekommen, wird vor dem photographischen Negativ eine Zylinderlinse eingeschaltet, welche den Streifen von der Breite $a = 4$ *mm* auf eine Breite b von höchstens 0,25 *mm* zusammendrängt. Die beiden als Indikatorfeder dienenden Linsen haben einen Durchmesser von 70 *mm* und einen Krümmungsradius von etwa 68 *cm*.

Bei dem Spitzgeschoß mit 860 *m*/Sek. Anfangsgeschwindigkeit beträgt die Zeit, die das Geschoß zum Durcheilen des Gewehrlaufes braucht, ungefähr 0,0014 Sek. Soll daher das Diagramm 15 *cm* lang werden, so hat man der photographischen Platte eine Geschwindigkeit

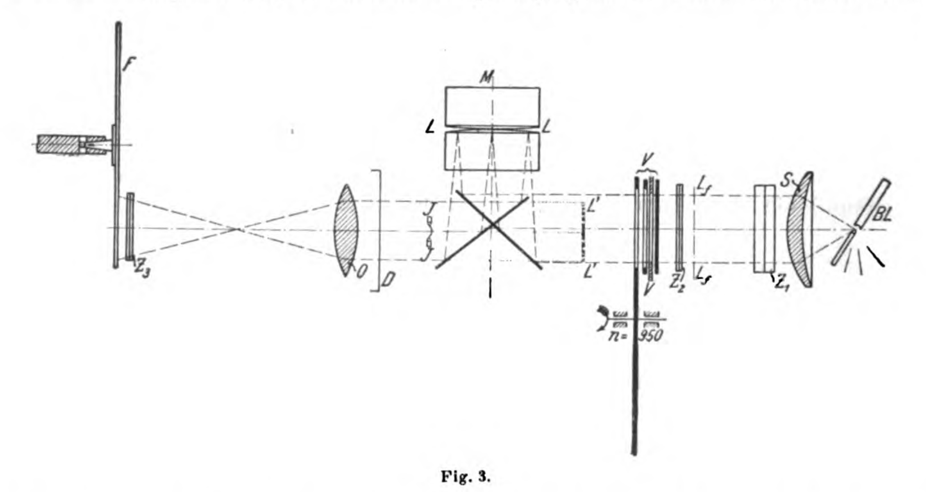


Fig. 3.

von 110 *m*/Sek. zu erteilen. Dem entspricht, wenn die photographische Platte eine rotierende Scheibe von 25 *cm* Durchmesser ist, eine Umlaufszahl von 8400 Uml./Min. Trotz dieser großen Film-Geschwindigkeit (Belichtungsdauer $^1/_{28000}$ Sek.) genügt jedoch als Lichtquelle eine gewöhnliche Bogenlampe, um deutliche Diagramme zu erhalten, obwohl die Interferenzringe im reflektierten Lichte zustande kommen, also der Lichtverlust etwa 92 % beträgt.

Der Strahlengang ist in Fig. 3 dargestellt. Das Licht der Bogenlampe *BL* wird durch die Sammellinse *S* parallel gemacht, durch die Zylinderlinse Z_1 auf eine schmale Brennlinie vereinigt und dann wieder durch die Zylinderlinse Z_2 von sehr kurzer Brennweite parallel gerichtet. Darauf geht es durch den Verschluß *V* in die Meßvorrichtung *M* und wird durch das photographische Objektiv *O*, vor dem sich der mit der Hand abnehmbare Verschluß-

deckel *D* befindet, auf die mit einem Film bespannte, sich drehende Messingscheibe *F* geworfen. Vor dieser befindet sich die bereits oben erwähnte Zylinderlinse Z_3 von geringer Brennweite, wodurch bewirkt wird, daß auf dem Film ein auf eine scharfe Linie zusammengedrängtes Bild der Ringabschnitte entsteht. Wird der Film, ohne daß geschossen wird, bewegt und belichtet, so erhält man ein Bild entsprechend Fig. 4.

Mit Rücksicht auf die Deutlichkeit des Diagramms dürfen nicht mehrere Bilder aufeinander fallen. Es darf also der Verschluß *V* nur während der Zeitdauer einer einmaligen Filmumdrehung, d. i. $^1/_{140}$ Sek. geöffnet werden. Zu dem Zweck dreht sich bei *V* (Fig. 3) eine mit einem 90 *mm* langen Schlitz versehene Scheibe; beschreibt die Schlitzmitte einen Kreis von 36 *cm* Durchmesser, so hat die Scheibe



Fig. 4.

670 Uml./Min. zu machen. Diese Scheibe allein kann indessen nicht als Verschluß dienen, da sie bei jeder Umdrehung einmal öffnet und schließt. Deshalb ist vor dieser Scheibe noch ein weiterer Verschluß anzubringen, der eine Öffnungszeit besitzt, die einer einzigen Umdrehung der Verschlußscheibe entspricht, d. i. $^1/_{11}$ Sek. In dieser Zweiteilung ist der Verschluß *V* leicht auszuführen und gewährt außerdem die Möglichkeit, die Zündung durch Kontakte, die auf der Verschlußscheibe befestigt sind, so einzustellen, daß der Schuß gerade während der Zeit erfolgt, wo der Verschluß voll geöffnet ist.

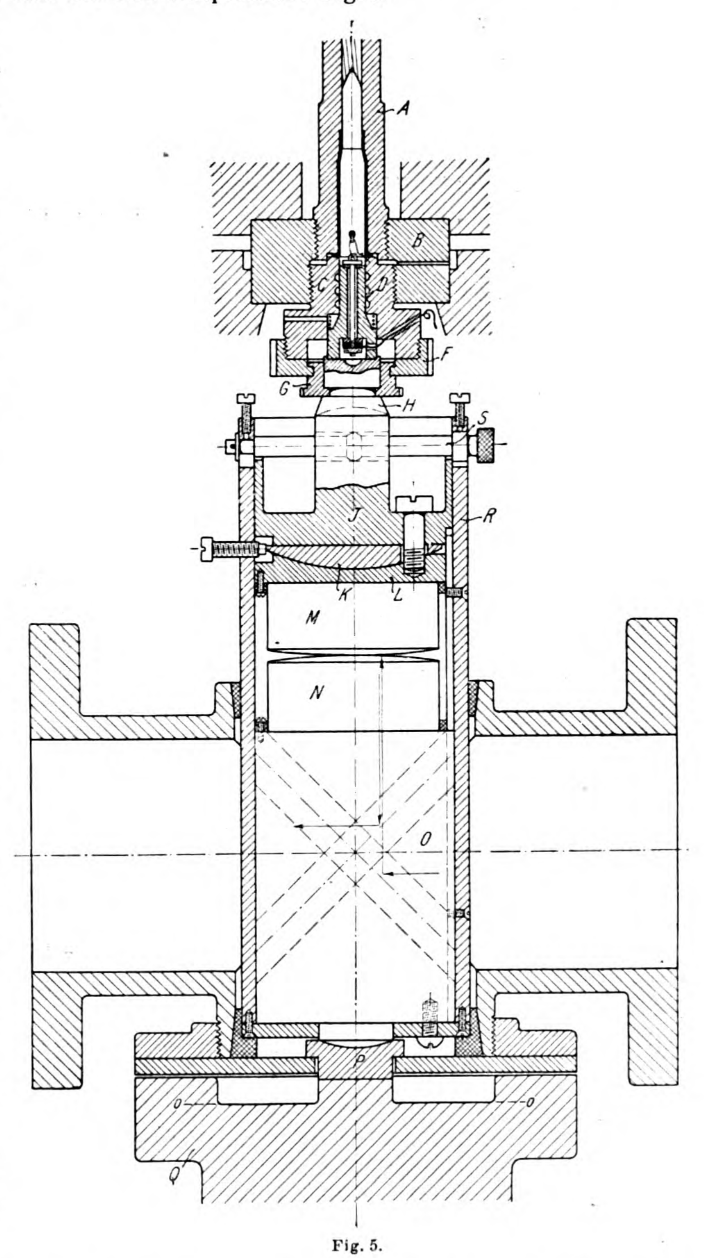


Fig. 5.

Die Ausführung des eigentlichen Gasdruckmessers ist aus Fig. 5 zu ersehen. Das Hauptstück *B* hält den Gewehrlauf *A* in dem normalen Laufgewinde und auf der unteren Seite das Verschlußstück *C* mit einer Bohrung für den Stempel *D* fest. In diesen ist die elektrische Zündung eingebaut. Der Stempel *D* hat 10 *mm* Durchmesser und verlangt eine besonders sorgfältige Ausführung. Der Teil *H* überträgt mittels seiner kugeligen Unter-

seite den Gasdruck auf den Linsenträger *J*. Die Glaslinsen *M* und *N* sind durch Fassungen an den Stücken *L* und *O* befestigt. Letzteres trägt auch sowohl den Spiegel für die eintretenden Lichtstrahlen wie denjenigen für die austretenden Strahlen.

Die Eichung des Druckmessers kann unter einer beliebigen Presse durch statische Versuche ausgeführt werden, indem man die Größe des Durchmessers *d* (Fig. 1) des innersten hellen Ringes für verschiedene Drucke ermittelt. Derartige Eichungsversuche haben ergeben, daß der Indikator frei von elastischen Nachwirkungen ist und keine genau zentrische Druckübertragung verlangt. Seine Angaben bleiben auch richtig, wenn der ganze Druckmesser Schwingungen ausführt. *Schck.*

Messungen mit Platin-Widerstandsthermometern in hohen Temperaturen.

Von C. W. Waidner und G. K. Burgess. *Bull. of the Bureau of Standards* ***6.*** *S. 150. 1909.*

Die Verf. untersuchen die Frage, ob die quadratische Beziehung zwischen Temperatur und Widerstand, die für Platinthermometer in dem Gebiete 0° bis 600° C. besteht, auch für höhere Temperaturen bis 1100° C. gültig ist, und welchen Einfluß hierbei der Grad der Reinheit des verwendeten Platins hat. Die von ihnen benutzte Methode besteht darin, daß Schmelzpunkte von Metallen, deren Lage in der gasthermometrischen Skale bekannt ist, mit Platinthermometern gemessen werden, deren Temperaturanzeige t in der üblichen Weise nach den Callendarschen Formeln

$$pt = \frac{100\,(R - R_0)}{R_{100} - R_0}\,; \qquad t - pt = \delta\left(\frac{t}{100} - 1\right)\frac{t}{100}$$

berechnet wird. Die Konstante δ wird wie gewöhnlich aus Beobachtungen am Schwefelsiedepunkt ermittelt, für den die Verf. den Wert 444,7° C. (bei normalem Druck) annehmen, der auch den amtlichen Prüfungen der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt zugrunde gelegt wird. Sie stützen sich dabei auf die Schwefelsiedepunktsbestimmungen von Chappuis und Harker[1]) und von Rothe[2]). In einem längeren Abschnitt sind ausführlich die (zum größten Teile schon bekannten) Vorsichtsmaßregeln behandelt, die zu treffen sind, um den Schwefelsiedepunkt zu einem bis auf wenige hundertstel Grad sicher reproduzierbaren Fixpunkt zu machen.

Für die in sehr großem Umfange ausgeführten Schmelzpunktsbestimmungen sind neun Platinthermometer benutzt, bei denen die Drahtstärke zwischen 0,05 und 0,6 *mm*, der Widerstand zwischen 0,11 und 21,3 Ohm, die Größe $c = \frac{R_{100} - R_0}{100\,R_0}$ zwischen 0,0039 und 0,0017 und der Wert von δ zwischen 1,50 und 1,80 liegt; hierbei entspricht $c = 0{,}0039$ und $\delta = 1{,}50$ der reinsten der verwendeten Platinsorten. Ferner sind zwei Thermometer untersucht, deren Spulen aus reinem Palladiumdraht bestehen, um festzustellen, ob etwa auch für Palladium die quadratische Beziehung zwischen Temperatur und Widerstand besteht. Die Form der benutzten Thermometer ist im wesentlichen die Callendarsche. Der Widerstandsdraht ist bei den meisten von ihnen auf ein Glimmerkreuz gewickelt; bei zwei Thermometern (denen von 0,11 Ohm Widerstand), die von der Firma Leeds & Northrup herrühren, ist der Draht zu zwei frei hängenden Spiralen gewunden, wie aus Fig. 1 ersichtlich ist. Die Köpfe der Thermometer sind ähnlich den von Rothe[3]) angegebenen konstruiert; nur ist am unteren Ende derselben eine Kühlkammer vorgesehen, durch die bei dem Gebrauch der Thermometer in hohen Temperaturen ein Luftstrom durchgeschickt wird, was nach Angabe der Verf. genügt,

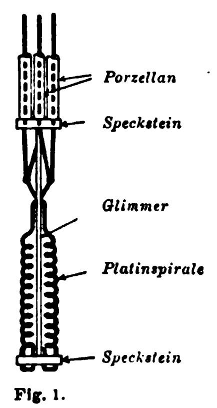


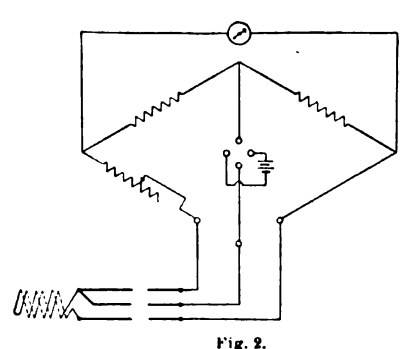
Fig. 1.

[1]) Chappuis und Harker, *Trav. et Mém. du Bureau Intern. des Poids et Mésures* ***12.*** *S. 90. 1902.*

[2]) Rothe, Bestimmung des Schwefelsiedepunktes. *Diese Zeitschr.* ***23.*** *S. 364. 1903.*

[3]) Rothe, Über die Herstellung und den Gebrauch der Pentanthermometer. *Diese Zeitschr.* ***24.*** *S. 52. 1904.*

um eine zu hohe Erhitzung der Köpfe zu vermeiden. Die Widerstandsmessungen erfolgten auf verschiedene Weise je nach der Anordnung der Zuleitungsdrähte: bei den Thermometern mit vier Zuleitungen für Stromzuführung und Spannungsmessung mit einem Kompensationsapparat von der Leeds & Northrup Co. in Philadelphia und teilweise mit einem von O. Wolff in Berlin bezogenen Diesselhorstschen Kompensator (*diese Zeitschr.* **28.** *S. 1. 1908*), bei anderen, mit Kompensationsdrähten für die Zuleitungen versehenen Thermometern mit Hülfe einer Wheatstoneschen Brücke besonderer Konstruktion und ebenso bei den Thermometern mit drei Zuleitungen nach Wilhelm Siemens (vgl. Fig. 2), bei denen der Verzweigungspunkt des Meßstromes an das eine Ende der Spule, zu dem zwei Zuleitungen führen, gelegt ist und nur zwei Zuleitungen abgeglichen zu sein brauchen.


Fig. 2.

Die für die Untersuchungen verwendeten Metalle wurden in Graphittiegeln von über 13 *cm* Höhe und 1,5 bis 2 *kg* Metallinhalt in einem elektrischen Ofen geschmolzen, der zwei konachsiale, auf Porzellanzylinder gewickelte Heizspiralen besaß. Meist sind für die Messungen die Erstarrungspunkte benutzt, wobei stärkere Unterkühlungen durch Rühren vermieden werden. Es wurde untersucht: Zinn, Kadmium, Blei, Zink, Antimon, Aluminium, die eutektische Silber-Kupfer-Legierung Ag_3Cu_2, Silber, Kupfer und mit Kupferoxyd gesättigtes Kupfer (im Porzellantiegel geschmolzen).

Die auf Grund der Schmelzpunktsbestimmungen gewonnenen Resultate sind im wesentlichen folgende. Für reinstes Platin gilt die aus Beobachtungen bei 0°, 100° und 444,7° C. abgeleitete quadratische Beziehung zwischen Temperatur und Widerstand innerhalb der gasthermometrischen Meßgenauigkeit bis zum Kupferschmelzpunkt. Die mit den verschiedenen Drahtsorten auf Grund der quadratischen Formel erhaltenen Temperaturen für die Erstarrungspunkte der wichtigsten Metalle sind aus der folgenden Tabelle zu ersehen, in der auch die in der Holborn-Dayschen Gasskale geltenden Werte angegeben sind.

Erstarrungspunkt von	Sn	Cd	Zn	Sb	Ag_3Cu_2	Ag	Cu
Thermometer aus reinem Pt; $c = 0{,}0039$; $\delta = 1{,}50$.	231,90	321.01	419,37	630,71	779,20	960,88	1083,0° C.
Thermometer aus unreinem Pt; $c = 0{,}0021$; $\delta = 1{,}57$	231,82	320,95	419,32	631,25	780,86	966,21	1091,9 „
Thermometer aus Palladium . . .	231,62	320,52	—	633,0	787,6	992,5	1152 „
Gasthermometer nach Holborn und Day	—	321,7	419,0	630,6	—	961,5	1084,1 „

Nicht recht verständlich erscheint der am Kadmiumschmelzpunkt zwischen Gasskale und platinthermometrischer Skale bestehende Unterschied, der jedoch nicht dem Platinthermometer zur Last gelegt werden kann, für welches ja die quadratische Beziehung bis 600° mit großer Genauigkeit erfüllt ist. Eine ähnliche Unstimmigkeit ist am Zinkschmelzpunkt vorhanden, wenn man die neuesten gasthermometrischen Messungen von Day und Sosman[1]) heranzieht, nach denen der Zinkschmelzpunkt bei 418,2° C. liegt.

Die Skale der Platinthermometer aus unreinem Platin läßt sich in Übereinstimmung mit der gasthermometrischen Skale bringen, wenn man eine Formel dritten Grades für die Abhängigkeit des Widerstandes von der Temperatur annimmt, indem man $\delta = a + bt$ setzt und den Wert von b z. B. aus dem Silberschmelzpunkt bestimmt. Für das Palladiumthermo-

[1]) Day und Sosman, *The Nitrogen Thermometer from Zinc to Palladium. Amer. Journ. of Science* **29.** *S. 93. 1910*; vgl. auch das Referat in *dieser Zeitschr.* **30.** *S. 197. 1910.*

meter reicht auch die Formel dritten Grades nicht aus, sodaß die Verwendung des Palladiums für Widerstandsthermometer sich nicht empfiehlt.

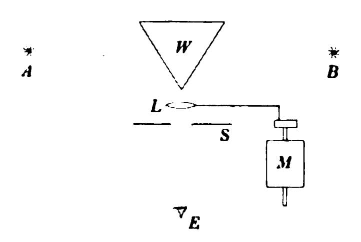
Bei dem Gebrauche in höheren Temperaturen, besonders oberhalb des Silberschmelzpunktes, erleiden die Platinthermometer Veränderungen, und zwar auch dann noch, wenn sie vorher bei entsprechend hohen Temperaturen gealtert sind. Die Änderungen sind am kleinsten bei den Thermometern mit Drähten von 0,6 *mm* Durchmesser und frei hängenden Spiralen (die Eispunktsänderung beträgt hier nach 3-stündigem Erhitzen auf 1100° nur 0,1°); sie sind bei reinem Platin kleiner als bei unreinem Platin und verlaufen so, als ob das Platin reiner würde, indem c größer und δ kleiner wird. Die Verf. eliminieren bei ihren Messungen den Einfluß der Veränderungen, indem sie die Thermometer nach jedem Gebrauch in hohen Temperaturen bei 0°, 100° und 444,7° C. neu eichen und für die Berechnung der Schmelzpunktstemperaturen das Mittel der vor und nach der Veränderung ermittelten Konstanten benutzen.

Der Arbeit ist ein ausführliches Literaturverzeichnis über Widerstandsthermometrie beigefügt. *Mfsr.*

Über die physiologischen Grundlagen des Flimmerphotometers.

Von J. S. Dow. *Phil. Mag.* **19.** *S. 58. 1910.*

Die in dieser Abhandlung beschriebenen Versuche stehen in naher Beziehung zu denen, die der Verf. vor Jahren über heterochrome Photometrie mit verschiedenen Photometerkonstruktionen ausgeführt hat (s. *Phil. Mag.* **12.** *S. 120. 1906*, Referat in *dieser Zeitschr.* **27.** *S. 288. 1907*). In der Zeit zwischen den alten und neuen Versuchen hat der Verf. offenbar die physiologische Literatur eifrig studiert und betrachtet nun alle seine Experimente aus dem Gesichtspunkte der Kriesschen Theorie von der verschiedenartigen Wirkungsweise der Stäbchen und Zapfen in der Netzhaut. Er schildert diese Theorie zunächst ausführlich und wendet sie auf die Ergebnisse seiner älteren Versuche an, die er zum Teil nochmals anführt. Er gibt dann zunächst in Kurvenform, gewissermaßen als Einleitung, eine Reihe von Beobachtungen, die er mit einem Jolyschen Photometer erhalten hat, bei dem mit Hülfe von farbigen Gläsern die eine Seite rot, die andere grün erleuchtet war. Es wurden Messungen angestellt einmal für verschieden große Beleuchtungsstärken im Photometer (0,2 bis 40 Lux) und zweitens für verschieden großen Abstand zwischen Auge und Photometer (10 bis 100 *cm*), also für verschiedene Größen des Bildes des Photometerschirmes auf der Netzhaut. Es zeigte sich natürlich die bekannte starke Abhängigkeit der Einstellungen von der Beleuchtungsstärke und der Größe des Gesichtsfeldes, namentlich solange die Beleuchtungsstärke gering ist. Der Verf. bezeichnet den Einfluß der Beleuchtungsstärke auf die Einstellung speziell als Purkinjesches Phänomen, den Einfluß der Gesichtsfeldgröße als den „Gelbe-Fleck"-Effekt.



Für seine Versuche mit dem Flimmerphotometer benutzt der Verf. einen Apparat Roodscher Konstruktion (s. die Figur). A und B sind die beiden Lichtquellen, W ist ein Ritchie-Photometer, E das beobachtende Auge. Vor der E zugewandten Kante von W befindet sich die Konvexlinse L, die mit Hülfe des Motors M in eine Pendelschwingung senkrecht zu den Kanten von W versetzt werden kann. S ist ein Schirm mit einem Ausschnitt von 5 *cm* Höhe und 2 *cm* Breite. Man hat also, wenn der Motor in Bewegung ist, ein Flimmerphotometer, wenn er ruht, ein Gleichheitsphotometer und kann so vergleichende Beobachtungen mit beiden Photometern machen.

Solche vergleichenden Versuche hat nun Dow zunächst zum Studium des „Gelbe-Fleck"-Effektes gemacht, indem er die eine Seite von W rot, die andere grün beleuchtet. Die Amplitude der Schwingung der Linse war so gewählt, daß nicht die ganze Breite des durch den Ausschnitt von S begrenzten Gesichtsfeldes das Flimmerphänomen zeigte, sondern nur der mittlere Streifen, während zu beiden Seiten davon ein roter und ein grüner Streifen

erhalten blieben. Die gewonnenen Resultate waren, wie der Verf. sagt, „verwirrend und veränderlich in mancher Beziehung"; aber eins trat deutlich hervor: Der Einfluß des verschiedenen Augenabstandes war stets größer bei den Gleichheitseinstellungen als bei den Flimmereinstellungen.

Ferner hat Dow solche vergleichenden Beobachtungen angestellt, um das Purkinjesche Phänomen zu studieren, indem er die Beleuchtungsstärke im Photometerfelde von etwa 0,5 Lux bis etwa 6 Lux variierte. Mit dem Flimmerphotometer konnte er nicht zu ebenso geringen Helligkeiten herabgehen wie mit dem Gleichheitsphotometer. Um das Purkinjesche Phänomen recht deutlich zu erhalten, wurde das Gesichtsfeld recht groß, der Augenabstand also recht gering genommen. Der Verf. klagt auch hier über die Schwierigkeit der Beobachtungen, die keine große Sicherheit der Ergebnisse gestattet hätten. Zuverlässig ging aber aus den Beobachtungen hervor, daß, ähnlich wie im vorigen Falle, das Purkinjesche Phänomen sich erheblich schwächer beim Flimmerphotometer zeigte als beim Gleichheitsphotometer.

Dies Hauptergebnis seiner Arbeit, daß nämlich beide untersuchten Erscheinungen beim Flimmerphotometer geringer auftreten als beim Gleichheitsphotometer, sucht Dow dann aus dem verschiedenen Verhalten der Stäbchen und Zapfen zu erklären. Er vermutet, daß, wie in anderen Beziehungen, auch in bezug auf die Flimmererscheinung die Stäbchen und Zapfen sich verschieden verhalten, und zwar sind nach seiner Ansicht die Stäbchen träger als die Zapfen, sodaß sie den Lichteindruck länger behalten als die letzteren. Dadurch aber höre die Flimmererscheinung für die Stäbchenempfindung bei geringerer Anzahl der Wechsel auf als für die Zapfenempfindung. So komme die photometrische Einstellung im Flimmerphotometer nur mit Hülfe der Zapfen zustande.

Diese Auffassung sucht der Verf. durch die Ergebnisse eigener und fremder Versuche zu stützen. Auf alle Einzelheiten, die er anführt, um seine Auffassung zwar nicht zu beweisen, aber doch einleuchtend zu machen, soll hier nicht eingegangen werden. Einiges davon sei aber erwähnt.

Der Sehpurpur, der lange als der eigentliche Träger des photochemischen Prozesses galt, der jeder Lichtempfindung zugrunde liegt, findet sich nur in den Stäbchen, nicht in den Zapfen. Es sei also wohl möglich, daß auch bezüglich der Dauer des Lichteindrucks bei beiden Elementen ein Unterschied besteht. Nach Kries sind die Zapfen für mehr langwellige, die Stäbchen für mehr kurzwellige Lichtstrahlen empfindlich. Nun sei aber erwiesen, daß die roten Nachbilder früher verschwinden als die violetten, also auch wahrscheinlich, daß die Stäbchen einen Lichteindruck länger bewahren als die Zapfen.

T. C. Porter habe (*Proc. Roy. Soc. London* **70.** *S. 315. 1902*) für die kritische Geschwindigkeit eines rotierenden Sektors, d. h. für die Geschwindigkeit, bei der das Flimmern aufhört, die Formel $n = k \log J + p$ aufgestellt, wo n die Zahl der Wechsel, J die Beleuchtungsstärke und k und p Konstanten bedeuten. Für das Intervall von 0,25 Lux aufwärts habe k einen bestimmten Wert, unterhalb von 0,25 Lux aber einen viel kleineren. Nun sei aber, wenigstens für das Auge des Verf., 0,25 Lux die Grenze, wo nach unten die Stäbchenempfindung beginnt.

Mehrere Physiologen unterscheiden eine heftige und eine feine Flimmererscheinung, die beide im Charakter wesentlich verschieden seien, und von denen für höhere Beleuchtungsstärken die erstere bei geringer Wechselzahl, die letztere kurz vor dem Verschwinden des Flimmerns auftritt. Nach Ansicht von Dow geht das heftige Flimmern von den Stäbchen, das feine von den Zapfen aus. Bei niedrigen Beleuchtungsstärken zeige sich das letztere überhaupt nicht.

Ferner führt der Verf. den folgenden Versuch mit dem in der Figur skizzierten Apparat an. Man mache bei niedriger Beleuchtungsstärke die rot und grün leuchtenden Seitenstreifen anscheinend gleich hell und bringe in dem mittleren Streifen das Flimmern durch Regulieren der Rotationsgeschwindigkeit des Motors gerade zum Verschwinden. Bewegt man dann das Photometer etwas nach dem roten Lichte hin, so wird das Flimmern wieder auftreten, weil das rote Licht heller wird. Bewegt man aber das Photometer der grünen Lichtquelle zu,

so tritt das Flimmern nicht auf, obwohl doch nun das Grün lichtstärker wird. Diese Erscheinung rührt nach dem Verf. daher, daß bei dieser niedrigen Beleuchtungsstärke rot durch die Zapfen, grün durch die Stäbchen vermittelt wird und die letzteren hier bei der Flimmererscheinung nicht mitwirken.

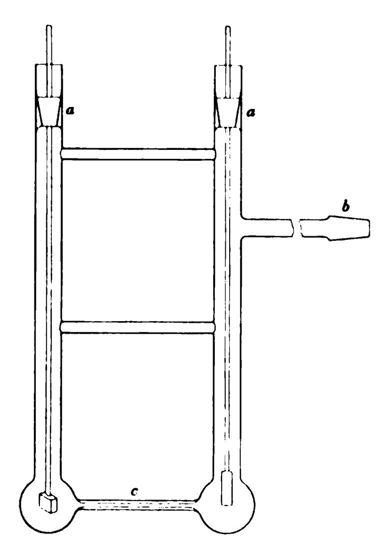
Noch einen anderen Versuch gibt Dow an. Er nimmt zwei nebeneinander liegende, sich mit gleicher Geschwindigkeit drehende Scheiben, von denen die eine abwechselnd rote und schwarze, die andere grüne und schwarze Sektoren hat. Bei schwacher Beleuchtung und einer Geschwindigkeit, bei der beide Scheiben flimmern, sieht man das Flimmern an der grün-schwarzen Scheibe besser mit der Netzhautperipherie, wo die Stäbchen überwiegen, an der rot-schwarzen Scheibe besser mit dem zentralen Netzhautteil, wo die Zapfen überwiegen.

Am Schlusse seiner Arbeit spricht der Verf. den Wunsch aus, daß auch andere Beobachter, namentlich auch solche mit nicht normaler Farbenempfindung seine Versuche wiederholen. Er betont, daß die von ihm mitgeteilten Ergebnisse nur vorläufige sind und auch nur für das Auge des Beobachters Gültigkeit beanspruchen. *E. Br.*

Über Spektralröhren mit Gleichstrombetrieb.

Von H. Konen und W. Jungjohann. *Verhandl. d. Deutsch. Physikal. Gesellsch.* **12.** *S. 145. 1910; Physikal. Zeitschr.* **11.** *S. 112. 1910.*

Für gewöhnlich wird das Spektrum von Gasen und Dämpfen im Geißler-Rohr mittels Induktors erzeugt. Die so erhaltenen Spektra sind, wenigstens im Vergleich zu einem Bogenspektrum, lichtschwach. Abgesehen davon sind jedoch intermittierende Entladungen gar nicht oder nur sehr schlecht verwendbar, sobald es sich um eine Energiemessung oder photographische Photometrie[1]) von Spektrallinien handelt.



Mit Hülfe von glühenden Wehnelt-Kathoden[2]), die den Kathodenfall auf wenige Volt herabsetzen, gelingt es leicht, schon mit einer Netzspannung von 100 Volt einen Gleichstrom von mehreren Ampere durch ein hinreichendes Vakuum zu schicken. Trotz guter Erfolge mit solchen Glasröhren sind die Verf. von ihnen wieder abgegangen. Sie fanden nämlich, daß man unter Umständen auf eine Heizung der Wehnelt-Kathoden durch einen besonderen Strom verzichten kann. Die nebenstehende Figur zeigt die von der Firma W. C. Heraeus in Hanau aus Quarzglas hergestellte Röhre in $^1/_4$ nat. Größe. Bei *a* sind die 2 *mm* dicken Nickelstahlelektroden mit Konus eingeschliffen und mit einigen Tropfen Quecksilber gedichtet. Die Kathode hat am Ende einen Schlitz; in ihm wird das $^1/_4$ *qcm* große, 0,01 *mm* dicke Platinplättchen eingeklemmt, nachdem es vorher durch Eintauchen in eine wäßrige Lösung von Kalziumnitrat und Bariumnitrat und Glühen in einem Bunsenbrenner mit einer *dünnen* Schicht der Oxyde überzogen war; bei *b* wird die Pumpe angeschlossen. Wurde die den Verf. zur Verfügung stehende Spannung von 840 Volt mit entsprechendem Vorschaltwiderstand an die Röhre gelegt, so ließ sich bei einem Gasdruck von 0,5 bis 10 *mm* die Entladung (falls sie nicht von selbst einsetzte) leicht einleiten durch Annäherung eines geriebenen Hartgummistabes, durch Erwärmen der Röhre mit einer Bunsen-Flamme oder durch den Induktionsstoß eines kleinen Induktoriums. Will man zu höheren Drucken als 10 *mm* übergehen, so hat man nur nötig, nach dem Zünden Gas in die Röhre einzulassen.

[1]) P. P. Koch, *Ann. d. Physik* **30.** *S. 841 u. 868. 1909.*
[2]) A. Wehnelt, *Ann. d. Physik* **14.** *S. 424. 1904.*

Bei Stromstärken von 0,2 bis 1,5 Amp., d. h. bei einer Stromdichte von etwa 6 bis 30 Amp. pro *qcm* in der 2 *mm* weiten Kapillare *c*, leuchteten die Röhren bei verschiedener Gasfüllung mit bogenähnlichem Glanze. Besonders lichtstark waren auch die etwa auftretenden Bandenspektra. Mit einem Rowlandschen Konkavgitter erzeugt, ließen sich die Spektra in wenigen Minuten photographieren, während bei Induktorbetrieb stundenlange Expositionszeiten erforderlich gewesen wären.

Die Füllung und Reinigung der Röhren unterscheidet sich in nichts von derjenigen gewöhnlicher Spektralröhren. Besondere Sorgfalt ist darauf zu verwenden, den in den Nickelstahlelektroden enthaltenen Wasserstoff und Kohlenstoff zu entfernen; längerer Stromdurchgang und öfteres Spülen mit Sauerstoff und dem betreffenden Füllgase sind für deren erfolgreiche Beseitigung nötig.

Paschen[1]) hat bereits früher Röhren aus Quarz mit Gleichstrom betrieben; er benötigte aber wegen der infolge des hohen Kathodenfalles eintretenden starken Erwärmung der Kathode besondere Kühlvorrichtungen und außerdem 2000 Akkumulatoren. Eine so große Zahl von Elementen ist nicht leicht zu beschaffen. Steht dagegen eine Netzspannung von 440 Volt zur Verfügung, so ist nur die Anschaffung einer Batterie von 200 Akkumulatoren mit einem maximalen Entladungsstrom von 1,5 Amp. nötig, um die bei der oben beschriebenen Röhre nötige Spannung von 840 Volt zu haben. Die Anschaffungskosten hierfür übersteigen die Kosten eines größeren Induktoriums nicht wesentlich. *L. J.*

Über den Gebrauch von Variatoren der gegenseitigen Induktion.

Von A. Campbell. *Phil. Mag.* **19.** *S. 497. 1910.*

Campbell hat, wie bekannt (vgl. *diese Zeitschr.* **28.** *S. 222. 1908*), Normale der gegenseitigen Induktion zur Messung von Induktivitäten und Kapazitäten eingeführt. Er hat seine Methoden jetzt teils abgeändert, teils weiter ausgebaut.

1. Fig. 1 zeigt die gewöhnliche Anordnung zum Vergleich zweier Selbstinduktionen, nur mit dem Unterschied, daß auf beide die Selbstinduktionen enthaltende Zweige *1* und *2* eine gegenseitige Induktion vom Hauptzweig ausgeübt wird. L_1 und L_2 sind die beiden festen Spulen des Campbellschen Variators (*a. a. O.*), die beiden Spulen im Hauptzweig die beweglichen desselben. Λ_2 ist die zu messende, in Zweig *2* eingeschaltete Selbstinduktion.

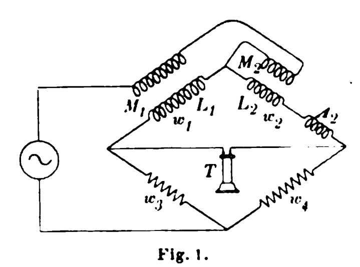


Fig. 1.

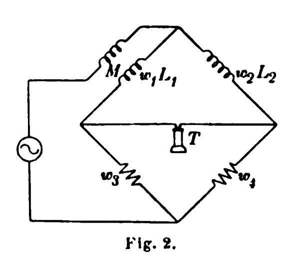


Fig. 2.

Wird noch mit μ die gegenseitige Induktion der beiden Spulen L_1 und L_2 bezeichnet, so sind die Gleichgewichtsbedingungen für den Brückenzweig:

$$w_1 : w_2 = w_3 : w_4$$

$$\frac{w_3}{w_4}(L_2 + \Lambda_2) - L_1 = (M_1 + M_2)\left(\frac{w_3}{w_4} + 1\right) - \mu\left(\frac{w_3}{w_4} - 1\right).$$

Macht man also

$$w_3 = w_4 \quad \text{und} \quad L_1 = L_2,$$

so vereinfachen sich die Bedingungen in

$$w_1 = w_2 \quad \text{und} \quad \Lambda_2 = 2(M_1 + M_2) = 2 \times \text{Ablesung am Variator.}$$

Man erhält also die Selbstinduktion Λ_2 unmittelbar aus der Ablesung des Variators.

2. Die Campbellsche Anordnung wird ähnlich, wie es Giebe in der gewöhnlichen Schaltung ausgeführt hat (vgl. *diese Zeitschr.* **28.** *S. 196. 1908*), benutzt, um kleine Selbstinduktionen bei verhältnismäßig großem Widerstand zu messen. Sind in Fig. 2 L_3 und L_4 die kleinen Selbstinduktionen der Widerstände w_3 und w_4, so erfordert das Gleichgewicht der Brücke

[1]) F. Paschen, *Ann. d. Physik* **27.** *S. 537. 1908.*

$$w_1 w_4 - w_2 w_3 = \omega^2 [(L_1 - M) L_4 - (L_2 + M) L_3]$$
$$L_1 w_4 - L_2 w_3 = (w_3 + w_4) M - w_1 L_4 + w_2 L_3 .$$

$M = 0$ gibt die Methode von Giebe. In der zweiten Gleichung sind die Glieder mit L_3 und L_4 in der Regel vernachlässigbar klein, in der ersten dagegen namentlich bei höheren Frequenzen (großes ω) nicht. Die Anwendung ist ebenso wie bei Giebe.

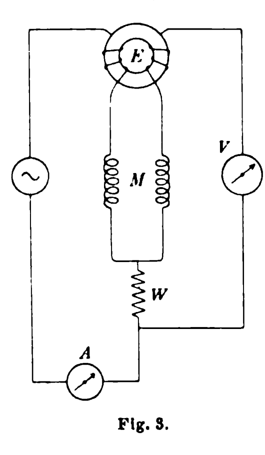


Fig. 3.

3. *Anwendung zu Eisenprüfungen.* Der zu untersuchende Eisenring E (Fig. 3) wird mit zwei Wicklungen versehen. M ist der Campbellsche Variator, W ein induktionsfreier Abzweigwiderstand. Durch Regulieren von M und W (letzteres eventuell durch Abzweigen von einem parallel geschalteten Widerstand) wird auf Verschwinden des Ausschlages des Vibrationsgalvanometers V eingestellt. Der Energieverlust im Eisen ist

$$J_1^2 W N_1 / N_2 .$$

Darin bedeuten J_1 den mit dem Strommesser A gemessenen Strom in der primären Wicklung, N_1 und N_2 die Windungszahlen der primären und sekundären Wicklung auf dem Eisenkern.

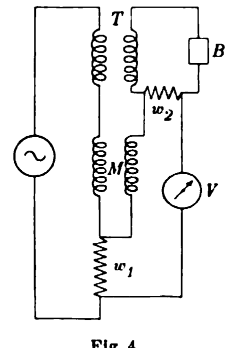


Fig. 4.

4. *Prüfung eines Stromwandlers.* Die Prüfung eines Stromwandlers erstreckt sich auf Bestimmung des Übersetzungsverhältnisses U von primärem und sekundärem Strom und der Phasenverschiebung δ dieser Ströme. U und δ werden in Abhängigkeit von der Größe der sekundär angeschlossenen Belastung B bestimmt. In den primären und sekundären Kreis des Stromwandlers T (Fig. 4) wird je ein Abzweigwiderstand w_1 und w_2 eingeschaltet, ihre Klemmen werden miteinander verbunden; in die Verbindungsleitung wird das Vibrationsgalvanometer V und die sekundäre Wicklung des Variators M gelegt. Das Vibrationsgalvanometer zeigt den Ausschlag Null, wenn

$$w_1 i_1 = w_2 i_2 + j \omega M i_1 \qquad (j = \sqrt{-1})$$

ist. D. h. es ist

$$U = \frac{J_1}{J_2} = \frac{W_2^2}{W_1^2 + \omega^2 M^2} \qquad tg\,\delta = \frac{\omega M}{W_1} .$$

Die Messungen werden für verschiedene Größe der sekundären Belastung B ausgeführt.

E. O.

Neuerungen an registrierenden Meßgeräten der Siemens & Halske A.-G.

Nach Elektrotechn. Zeitschr. ***31.*** *S. 172. 1910.*

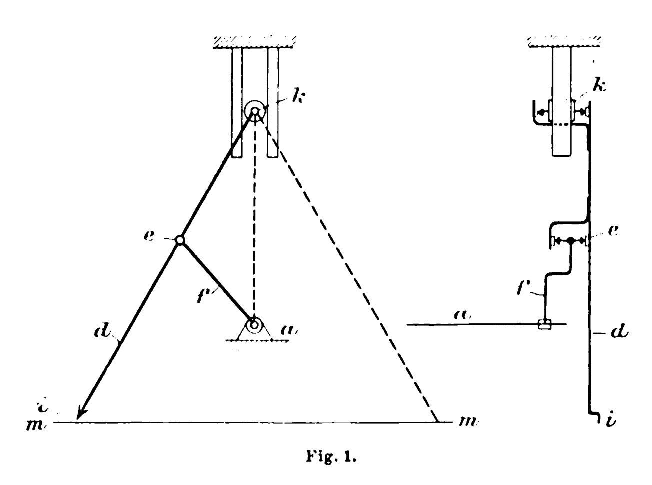


Fig. 1.

Bei Registrierapparaten, welche drehbare bewegliche Systeme besitzen, wird es häufig als Nachteil empfunden, daß eine an der Nadel befestigte Feder in krummlinigen Koordinaten registriert. Die Firma Siemens & Halske A.-G. in Berlin-Nonnendamm wendet daher eine eigenartige Geradführung an. a (Fig. 1) ist die Achse des beweglichen Systems, an welcher der Zeiger f befestigt ist. Der Zeiger ist durch ein Gelenk e mit einer Stange d verbunden, welche in k in einer Geradführung gelagert ist. In i ist die Schreibfeder angebracht. Dadurch, daß f verhältnismäßig kurz gehalten ist, wird eine möglichst große Kraft auf die Stange d ausgeübt. Die Linie, auf der sich i

bewegt, ist natürlich nur angenähert eine Gerade. Die Schreibfeder wird durch ein trichterförmiges, der Länge nach geschlitztes Blech gebildet (Fig. 2). Die Tinte wird durch die Kapillaritätswirkung in der Feder gehalten und fließt aus der Spitze des Trichters aus. Da die Feder für vertikal gestellte Skalen eingerichtet ist, so verschiebt sich beim Ausfließen der Tinte der Schwerpunkt nur horizontal und senkrecht zu der Skalenebene; dadurch wird eine Beeinflussung der Balancierung der Geradführung vermieden. Die Geradführung wird sowohl an Drehspulapparaten für Gleichstrom wie an Dynamometern und Ferraris-Apparaten angebracht.

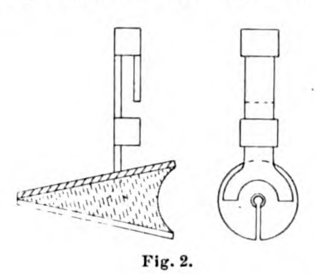


Fig. 2.

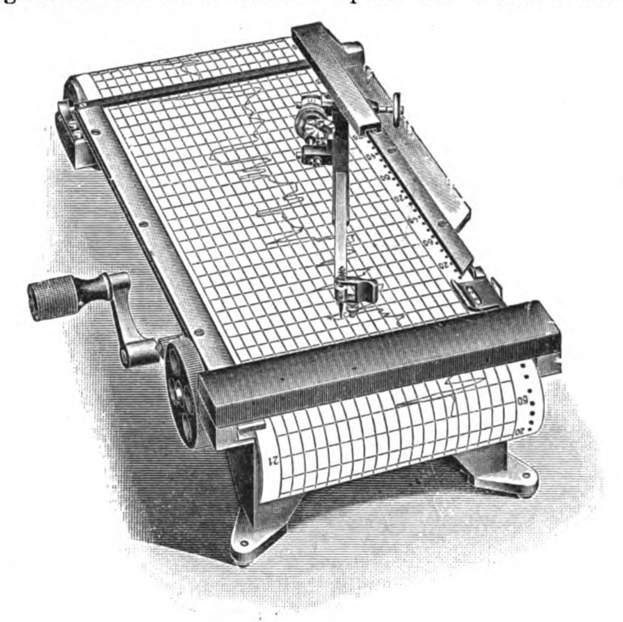


Fig. 3.

Zur Auswertung der Kurven ist ein besonderes Planimeter hergestellt worden (Fig. 3). Der Papierstreifen wird unter dem Planimeter abgerollt. Letzteres ist so konstruiert, daß man den Streifen nicht vollständig zu umfahren braucht, sondern nur der Registrierkurve in einer Richtung folgt. *E. O.*

Bücherbesprechungen.

J. Fricks Physikalische Technik oder Anleitung zu Experimentalvorträgen sowie zur Selbstherstellung einfacher Demonstrationsapparate. 7., vollkommen umgearb. u. stark verm. Aufl. v. Prof. Dr. Otto Lehmann. In 2 Bdn. Lex. 8°. Braunschweig, Fr. Vieweg & Sohn. I. Bd., 1. Abtlg. XXIII u. S. 1—630 m. Fig. 1—2003 u. Bildnis d. Verf. 1904. 16 M.; geb. 18 M. — I. Bd., 2. Abtlg. XX u. S. 631—1631 m. Fig. 2004—3908. 1905. 24 M.; geb. 26 M. — II. Bd., 1. Abtlg. XVII u. S. 1—762 m. Fig. 1—1443. 1907. 20 M.; geb. 22 M. — II Bd., 2. Abtlg. XVI u. S. 763—2072 m. Fig. 1444—3772. 1909. 40 M.; geb. 43 M. Vollständig: 100 M.; geb. in 4 Halbfrz.-Bdn. 109 M.

Die jetzt abgeschlossene 7. Aufl. von J. Fricks Physikalischer Technik umfaßt etwa 3700 Seiten und 7700 Figuren, während die 6. Aufl. nur etwa 1800 Seiten und 700 Figuren enthielt. Wie schon die 6., ist auch die 7. Aufl. von Dr. Otto Lehmann, Professor der Physik an der Technischen Hochschule in Karlsruhe, bearbeitet worden. Man wird bei der außerordentlichen Inhaltsvermehrung Hrn. Lehmann als den Verf. bezeichnen dürfen.

Die beiden ersten Abteilungen sind in *dieser Zeitschr.* ***27.*** *S. 169. 1907* besprochen worden. Die erste Abt. beschäftigt sich mit der Einrichtung eines physikalischen Institutes und mit mechanischer Technologie, soweit sie für physikalische Vorlesungsversuche in Frage kommt (Glasbläserei, Arbeiten an der Drehbank u. s. w.).

Die weiteren Abt. I, 2; II, 1 und II, 2 beschreiben Vorlesungsversuche aus dem gesamten Gebiet der Physik. Der Stoff ist in 22 Kapitel eingeteilt: 1. Statik, 2. Feste Körper, 3. Hydrostatik, 4. Flüssigkeiten, 5. Aerostatik, 6. Gase, 7. Temperatur, 8. Wärmemenge, 9. Dynamik, 10. Hydrodynamik, 11. Aerodynamik, 12. Thermodynamik, 13. Elektrostatik,

14. Galvanismus, 15. Magnetismus, 16. Induktion, 17. Entladungen, 18. Strahlung, 19. Biophysik, 20. Optik, 21. Akustik, 22. Psychophysik. Kap. 1 bis 12 sind in I, 2; Kap. 13 bis 16 in II, 1 und Kap. 17 bis 22 in II, 2 zusammengefaßt.

Der Ref. hält es für zweckmäßiger, *Mechanik und Akustik* im Zusammenhange zu behandeln, während Lehmann sie auf die Kap. 1, 2, 3, 4, 5, 6, 9, 10, 11, 21 und damit auf I, 2 und II, 2 verteilt. Für die Behandlung der Akustik nach der Thermodynamik spricht zwar die Möglichkeit, die Messung und Berechnung der Schallgeschwindigkeit sowie die Bestimmung des Verhältnisses der spezifischen Wärmen zu vereinigen; dagegen spricht, daß so die eigentliche Akustik räumlich weit von den Saitenschwingungen und elastischen Schwingungen getrennt wird. Für die Behandlung der Akustik nach der ganzen Elektrizitätslehre und Optik lassen sich zwar auch einige Gründe anführen (tönende Bogenlampe als Schallquelle, Voraussetzung unendlich großer Lichtgeschwindigkeit bei gewissen Bestimmungen der Schallgeschwindigkeit); doch sprechen wohl überwiegende Gründe dagegen. Der Ref. möchte bei Demonstration elektrischer Schwingungen und Wellen einige akustische Analogien nicht entbehren; vor allem erscheint die Behandlung von Mechanik und Akustik im Zusammenhange deswegen unerläßlich, damit sich dem Lernenden die mechanische Natur der Schallwellen einprägt.

Wie die Mechanik und Akustik, zerteilt Verf. auch die *Wärmelehre* in einer kaum zweckmäßigen Weise. Einige Abschnitte des Kap. 2, nämlich 79 (Umwandlung durch Druck) und 80 (Verflüssigung und Erstarrung durch Druck) wären besser in die Wärmelehre verwiesen worden. Luftkompressoren (Kap. 5, 258) und Druckluftmotoren (Kap. 5, 277) lassen sich einigermaßen erschöpfend erst nach der Thermodynamik behandeln. Ref. pflegt dieselben daher in der Wärmelehre vorzutragen. Dasselbe gilt für mehrere Abschnitte des 6. Kap. über Gase: 316. Verflüssigung der Gase; 317. Kompressionspumpen zur Verflüssigung der Gase; 318. Versuche über die Mischung von Dämpfen mit Gasen; 319. Sieden bei Druckerniedrigung; 320. Siedeverzüge. Daß namentlich die zuletzt genannten Dinge vor dem 7. Kap. über „Temperatur“, dem 8. über „Wärmemenge“, dem 12. über „Thermodynamik“ besprochen werden, dürfte wohl wenigen zweckmäßig erscheinen.

Das 9. Kap. handelt im wesentlichen von der Bewegung starrer Körper, das 10. von der Bewegung imkompressibler Flüssigkeiten. Weshalb diese Kapitel in die Wärmelehre eingereiht worden sind, ist dem Ref. nicht klar geworden. Wenn das 11. Kap. „Aerodynamik“ hinter dem 12. „Thermodynamik“ behandelt wäre, so ließe sich dafür ja manches anführen. Aber wenn 11 vor 12 gebracht wird, dann spricht nach Ansicht des Ref. nicht das geringste dafür, Kap. 11 der Wärmelehre zuzuweisen. Aus den genannten Gründen hätte der Ref. es vorgezogen, wenn der Verf. im Anschluß an „Mechanik und Akustik“ die Wärmelehre im Zusammenhange besprochen hätte. Daß der Verf. die Dampfmaschine im 7. Kap. über „Temperatur“, also vor dem 8. Kap. über „Wärmemenge“, dem 12. über „Thermodynamik“ behandelt, wird auch nicht allgemeinen Beifall finden. Auf *S. 1187* muß die linke Figur mit der rechten vertauscht werden.

Der *Elektrizitätslehre* sind II, 1 und die beiden ersten Kapitel von II, 2 gewidmet. Es ist schade, daß die Elektrizitätslehre nicht in einem Bande vereinigt ist, was den Gebrauch des Werkes erleichtert hätte. Die Entladungswärme Leydener Flaschen (52) kann in der Elektrostatik nicht erschöpfend behandelt werden und wird daher wohl besser im Zusammenhange mit Schwingungskreisen oder mit Gasentladungen besprochen. Das 14. Kap. über „Galvanismus“ wäre nach Ansicht des Ref. besser geteilt worden, und zwar etwa in einen Abschnitt „Durchgang der Elektrizität durch metallische Leiter“ und einen weiteren „Durchgang der Elektrizität durch elektrolytische Leiter“. Die in Kap. 15 „Magnetismus“ und Kap. 16 „Induktion“ vorgetragenen zahlreichen Dinge hätten auch wohl etwas mehr gegliedert werden können.

Der größte Teil des 18. Kap. und das 20. Kap. in II, 2 enthält die *Optik*, d. h. die Lehre von der ultravioletten, sichtbaren und ultraroten Strahlung. Der Ref. ist durch die Beschäftigung mit dem Lehmannschen Werke davon überzeugt worden, daß die Optik zweck-

mäßig später als die Elektrizitätslehre behandelt wird, wenigsten an Hochschulen. Für die deduktive, theoretische Physik ist das ja zurzeit selbstverständlich; in der Experimentalphysik sprechen viele Gründe dagegen und viele dafür. Die Experimentalphysik befolgt im wesentlichen die induktive Methode: dann liegt es näher, die Optik zuerst zu behandeln, weil wir einen Gesichtssinn, aber keinen elektrischen Sinn haben. Bringt man zuerst die Elektrizitätslehre, so muß man aus der Optik einiges voraussetzen, z. B. das Reflexionsgesetz wegen der Spiegelinstrumente; aber auch bei vielen mechanischen und Wärmeversuchen müssen bereits einige einfache optische Kenntnisse vorausgesetzt werden. Die Voraussetzungen aus der Elektrizitätslehre, falls die Optik zuerst vorgetragen wird, sind ungleich zahlreicher als die im umgekehrten Fall zu machenden. Bei Behandlung der Polarisation wird man von „elektrischer Kraft, elektrischer Schwingung“ sprechen müssen; bei Untersuchung der ultraroten Strahlen über Thermosäule, Bolometer, Galvanometer; bei den Auseinandersetzungen über Dispersion wird man den Begriff der Dielektrizitäts-Konstante nicht entbehren wollen; bei Behandlung der Metalloptik nicht den Begriff des elektrischen Leitvermögens; Gase müssen elektrisch zum Leuchten gebracht werden u. s. w. Während also der Verf. den Ref. von der Zweckmäßigkeit seiner Anordnung: Elektrizitätslehre, Optik, überzeugt hat, gilt dies nicht von der inneren Einteilung der Optik. Die physikalische Optik vermengt der Verf. vollkommen mit der Behandlung elektrischer Wellen und bespricht erst in einem späteren Kapitel die geometrische Optik. Das hält Ref. für didaktisch unzulässig.

Wenn im Vorstehenden manche Bedenken gegen die Lehmannsche Anordnung des Stoffes erhoben worden sind, so ist sich der Ref. vollkommen bewußt, daß diesen Bedenken eine überzeugende Kraft nicht innewohnt, weil Anordnung und Einteilung zum großen Teil Sache des Geschmackes sind.

Die Behandlung des Stoffes selbst verdient fast durchgehends wärmste Anerkennung. An manchen Stellen hätte freilich der Verf. sein Ziel etwas schärfer im Auge behalten können; z. B. wären die Maxwellschen Gleichungen wohl besser fortgeblieben, auch hätten Kristallwachstum und psychologische Dinge wohl etwas kürzer behandelt werden können.

Das der Verf. viel mit Zahlenangaben und Berechnungen operiert, ist als zweckmäßig anzuerkennen. Der Vortragende muß die Vorlesungsversuche im allgemeinen quantitativ beherrschen, auch in vielen Fällen, wo die Lernenden nur qualitative Erfahrungen machen sollen. Dies ist einer der Gründe, aus welchen für zukünftige Lehrer ein quantitatives Praktikum während der Studienzeit nötig ist. Deshalb wird für Übungen im Anstellen von Demonstrationsversuchen nicht viel Zeit übrigbleiben, und Lehrer wie auch Dozenten werden meist vor die Aufgabe gestellt werden, Vorlesungsexperimente auszuführen, ohne Übung und Erfahrung hierin erworben zu haben, ohne auch bei dem steten Wechsel des Stoffes für experimentelle Vorbereitungen ausreichend Zeit zur Verfügung zu haben. Diese Aufgabe wird durch das Lehmannsche Werk außerordentlich erleichtert. Auch für Fabrikanten physikalischer Vorlesungsapparate dürfte das Werk ein Ansporn sein, ihre Apparate zu verbessern.

Um das gesteckte Ziel zu erreichen, haben Verf. und Verlag eine außerordentliche Arbeit leisten müssen. Dafür gebührt ihnen der wärmste Dank aller derer, die von dem Werke Nutzen ziehen; möge der Kreis der dankbaren Freunde des Werkes ein recht großer werden. *Ms.*

Neu erschienene Bücher.

Verhandlungen der Gesellschaft deutscher Naturforscher und Ärzte. 81. Versammlg. zu Salzburg. 19.—25. IX. 1909. Hrsg. im Auftrage des Vorstandes u. der Geschäftsführer v. A. Wangerin. Lex. 8°. Leipzig, F. C. W. Vogel.

I. Tl. Die allgemeinen Sitzungen, die Gesamtsitzung beider Hauptgruppen u. die gemeinsamen Sitzungen der naturwissenschaftlichen u. der medizinischen Hauptgruppe. III, 208 S. m. 8 Abbildgn. 1910. 4 M.

J. A. Decourdemanche, *Traité pratique des Poids et Mesures de Peuples anciens et des Arabes.* 8°. 152 S. Paris 1910. 4 M.

International Catalogue *of Scientific Literature, published by the Royal Society of London. Astronomy.* 8. Jahrg., 1908. 8°. 226 S. London 1910. 21 M.

Aus Natur und Geisteswelt. Sammlung wissenschaftlich-gemeinverständlicher Darstellungen. 8°. Leipzig, B. G. Teubner. Jedes Bdchn. 1 M.; geb. in Leinw. 1,25 M.

303. A. v. Jhering, Die Mechanik der festen, flüssigen u. gasförmigen Körper. I. Tl.: Die Mechanik der festen Körper. IV, 114 S. m. 61 Abbildgn. 1910.

P. Askenasy, Einführung in die technische Elektrochemie. Unter Mitwirkg. hervorrag. Fachgenossen hrsg. 1. Bd. Elektrothermie. gr. 8°. VII, 251 S. m. 69 Abbildgn. Braunschweig, F. Vieweg & Sohn 1910. 9 M.; geb. in Leinw. 10 M.

G. Mie, Lehrbuch der Elektrizität und des Magnetismus. Eine Experimentalphysik des Weltäthers f. Physiker, Chemiker, Elektrotechniker. Lex. 8°. XX, 736 S. m. 361 Abbildgn. Stuttgart, F. Enke 1910. 18,60 M.; geb. in Leinw. 20 M.

G. Scheffers, Anwendung der Differential- und Integralrechnung auf Geometrie. 1. Bd. Einführung in die Theorie der Kurven in der Ebene u. im Raume. 2., verb. u. verm. Aufl. gr. 8°. X, 482 S. m. 107 Fig. Leipzig, Veit & Co. 1910. 13 M.; geb. in Leinw. 14 M.

H. Weber u. J. Wellstein, Enzyklopädie der Elementar-Mathematik. Ein Handbuch f. Lehrer u. Studierende. In 3 Bdn. 1. Bd. Enzyklopädie der elementaren Algebra u. Analysis. Bearb. v. H. Weber. 3. Aufl. gr. 8°. XVIII, 532 S. m. 40 Fig. Leipzig, B. G. Teubner 1909. Geb. in Leinw. 10 M.

W. Ostwald, Die wissenschaftlichen Grundlagen der analytischen Chemie. Elementar dargestellt. 5., umgearb. Aufl. 8. u. 9. Taus. 8°. XII, 233 S. m. 3 Fig. Leipzig, W. Engelmann 1910. Geb. in Leinw. 8 M.

E. Pringsheim, Vorlesungen über die Physik der Sonne. gr. 8°. VIII, 435 S. m. 235 Abbildgn. u. 7 Fig.-Taf. Leipzig, B. G. Teubner 1910. 16 M.; geb. in Leinw. 18 M.

Ch. A. Vogler, Geodätische Übungen für Landmesser und Ingenieure. 3. Aufl. 1. Tl.: Feldübungen. gr. 8°. VIII, 311 S. m. 69 Fig. Berlin, P. Parey 1910. Geb. in Leinw. 10 M.

G. Brion, Leitfaden zum elektrotechnischen Praktikum. gr. 8°. XIV, 404 S. m. 380 Fig. Leipzig, B. G. Teubner 1910. 10 M.; geb. in Leinw. 11 M.

Notiz.

Vor kurzem wurde in *dieser Zeitschr.* ***30.*** *S. 129. 1910* ein bifilares Vibrationsgalvanometer von Duddell besprochen. Hr. Prof. Dr. Heydweiller war so freundlich, die Redaktion darauf aufmerksam zu machen, daß bereits im Jahre 1905 in seinem Laboratorium in Münster ein ganz ähnliches Galvanometer von H. Mühlenhöver konstruiert worden ist. Eine Beschreibung dieses Instrumentes befindet sich (außer in einem Referat in den *Beibl. zu Ann. d. Physik* ***30.*** *S. 736. 1906*) nur in der Dissertation „Neue Meßeinrichtungen für Wechselströme in der Wheatstone-Brücke“ (Münster i. W., 1905) und ist daher leider dem Ref. nicht bekannt geworden. Aus dieser der Redaktion kürzlich übersandten Dissertation geht hervor, daß das „Doppelsaitengalvanometer“ von Mühlenhöver im Prinzip dem jetzt von Duddell angegebenen völlig entspricht. Mühlenhöver benutzt horizontal ausgespannte bifilare Kupfersaiten von 0,07 bezw. 0,05 *mm* Dicke (Widerstand 4,7 bezw. 9,4 Ohm) im Felde eines Elektromagnets und hebt auch bereits die Vorzüge seines Instrumentes gegenüber dem Rubensschen und dem Wienschen Vibrationsgalvanometer hervor, die vor allem in dem geringeren Widerstande bei kleiner Selbstinduktion und der größeren Empfindlichkeit besonders bei hohen Frequenzen bestehen. Die Empfindlichkeit des von Mühlenhöver bis zu Frequenzen von 420 benutzten Galvanometers ist etwa von derselben Größe wie bei dem Duddellschen Galvanometer. Endlich macht Mühlenhöver einige zweckmäßige Abänderungsvorschläge für die Konstruktion seines Doppelsaitengalvanometers, z. B. vertikale Anordnung der Saite, u. a., die zu einer dem Duddellschen Instrument ganz ähnlichen Konstruktionsform führen. *Giebe.*

Verlag von Julius Springer in Berlin N. — Universitäts-Buchdruckerei von Gustav Schade (Otto Francke) in Berlin N.

Zeitschrift für Instrumentenkunde.

Kuratorium:

Geh. Reg.-Rat Prof. Dr. **F. R. Helmert**, Vorsitzender, Prof. Dr. **A. Raps**, geschäftsführendes Mitglied, Dr. **H. Krüss**, Prof. Dr. **R. Straubel**.

Redaktion: Geh. Reg.-Rat Prof. Dr. **St. Lindeck** in Charlottenburg-Berlin.

XXX. Jahrgang. **August 1910.** Achtes Heft.

Die Hamannsche Rechenmaschine „Mercedes-Euklid“.

Von

O. Sust, Kgl. Landmesser in Berlin.

Von dem Mechaniker Ch. Hamann in Friedenau-Berlin, dem Erfinder der durch ihre Handlichkeit ausgezeichneten Rechenmaschine „Gauß“[1]), ist eine neue, auf dem Prinzip der Addition beruhende Rechenmaschine erdacht worden, die nunmehr, nach jahrelangen Versuchen und Verbesserungen, in jeder Hinsicht vervollkommnet unter dem Namen „Mercedes-Euklid“ in den Handel gekommen ist[2]). Anregung zu ihrer Erfindung gaben die schon vielfach an vorhandenen Systemen gerügten Mängel[3]): unvollkommene Zehnerübertragung und Schwerfälligkeit der Division, die beide den mit der Maschine Rechnenden zu andauernder Aufmerksamkeit zwingen und ihn daher rasch ermüden. In der „Euklid“ sind nicht nur diese Mängel behoben, sondern noch eine solche Fülle von Neuerungen und Verbesserungen ausgeführt worden, daß sie ein durchaus neues, schon im Grundprinzip von den bisher ausgeführten abweichendes System darstellt. Die Zehnerübertragung des Zählwerkes greift bis in die höchste Stelle, sodaß Korrekturen des Rechenergebnisses niemals nötig sind. Ferner ist auch das Quotienten-(Umdrehungs-)Zählwerk mit Zehnerübertragung ausgestattet, die bei einigen Rechnungsarten besonders zustatten kommt. Durch die verhältnismäßig geringe Größe der Maschine ist angenehme Übersichtlichkeit erreicht und zugleich für bequeme Lage und Handlichkeit aller Hebel gesorgt; auch sind allenthalben Sicherungen gegen falsche Behandlung vorgesehen. Als ganz besonderer Vorzug ist der leise Gang zu erwähnen, der die Benutzung dieser Maschine auch in großen Bureaus gestattet, ohne daß dadurch eine Störung der Mitarbeitenden zu befürchten ist. Trotz aller dieser Vorzüge könnten gegen eine *neue* Additions-Rechenmaschine Bedenken erhoben werden, nachdem bereits brauchbare Multiplikationsmaschinen gebaut worden sind[4]), die zur Bildung eines Produktes im allgemeinen weniger Kurbelumdrehungen erfordern als jene. Dieser Nachteil dürfte indessen unter Berücksichtigung des leisen

[1]) Vgl. die Beschreibungen in *dieser Zeitschr.* **26.** *S. 50. 1906*; **29.** *S. 372. 1909.*

[2]) Die Maschine ist durch D. R. P. Nr. 209817 und die Anmeldung Nr. 35602 geschützt. Der Vertrieb erfolgt durch die „Mercedes“ Bureau-Maschinen Ges. m. b. H., Berlin SW 68, Markgrafenstraße 92/93.

[3]) Vgl. O. Koll, Die geodätischen Rechnungen mittels der Rechenmaschine. Halle 1903. Vorwort, Abschnitt 4; ferner das Referat „Neuere Rechenhülfsmittel“ in *dieser Zeitschr.* **30.** *S. 50. 1910*, wo bei Erwähnung der Tafeln von O. Lohse auf die Nachteile der umständlichen Division mit Rechenmaschinen hingewiesen ist, die auch durch Benutzung von Reziprokentafeln nicht ganz behoben werden können.

[4]) Multiplikationsmaschine von Steiger & Egli, beschrieben in der *Zeitschr. f. Vermess.* **28.** *S. 674. 1899*; vgl. auch Koll, *a. a. O. S. 20.*

Ganges gering sein gegenüber dem Vorteil, den die Euklid durch die Möglichkeit einer durchaus *automatischen*, keinerlei Aufmerksamkeit erfordernden *Division* beliebiger Zahlenwerte bietet. Damit ist der bedeutendste Mangel, der allen bisher gebauten Systemen anhaftet, beseitigt.

Fig. 1 zeigt die Maschine in ihrer äußeren Gestalt. Der rechteckige, metallene Kasten, der auf einem keilförmigen Untergestell so angeordnet ist, daß die Deckplatte etwas nach vorn geneigt liegt, ist etwa 37 *cm* lang, 18 *cm* breit und 8 *cm* hoch; sein Gewicht beträgt 12 *kg*, sodaß die Maschine bequem transportiert und überall aufgestellt werden kann. Der obere Teil links neben der Kurbel K enthält das Schaltwerk, dessen sinnreiche Einrichtung es ermöglichte, die neun Einstellreihen bis auf einen Abstand von 16 *mm* zwischen zwei benachbarten Reihen aneinanderzurücken. Die im Zickzack eingestellten Zahlenwerte werden in den zugehörigen Schaulöchern M noch einmal geradlinig angezeigt. In dem vorderen Teile erblicken wir die durch Glasstreifen

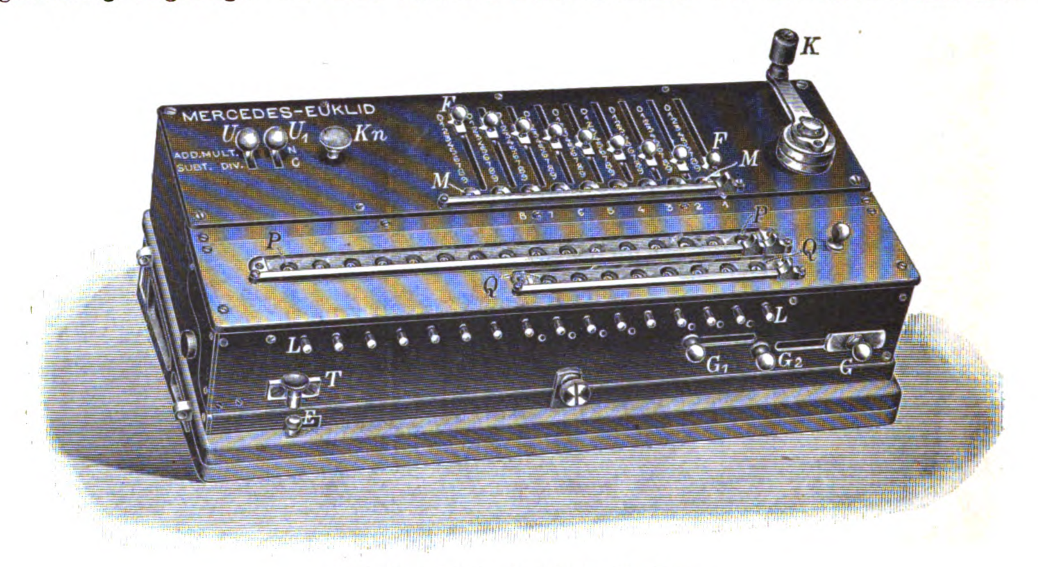


Fig. 1 (1/4 nat. Gr.). Ansicht der Maschine.

vor Staub geschützten Schaulochreihen des Produkten- und Quotientenzählwerkes (P und Q), das, wie bei allen Maschinen, zum Zwecke der Multiplikation und Division in der Längsrichtung gegen das Schaltwerk verschoben werden kann. Bei dieser Verschiebung gleitet der Schlitten mit dem Zählwerk, ohne angehoben oder hochgeklappt zu werden, auf Rollen an Führungen des Maschinenrahmens, wodurch das Eindringen von Staub vermindert wird. Jede Rechnung wird mit der höchsten Stelle begonnen und das Zählwerk zu dem Zweck an dem Griff G_2 nach rechts verschoben, bis es in die gewünschte Stelle einrückt. Das Weitergleiten nach links während der Rechnung erfolgt dann selbsttätig, und zwar je nach der Art der Rechnung entweder beim Verstellen des Hebels U oder durch einen Druck auf die Taste T oder den Knopf Kn. Die Griffe G und G_1 dienen zur Auslöschung des Quotienten und Produktes. Über die Handhabung und Wirkungsweise der Umschaltknöpfe U und U_1 sowie aller übrigen Einzelteile wird die nachfolgende genauere Beschreibung Aufschluß geben.

Die Wirkungsweise des *Schaltwerks*, das auf einem ganz neuen Prinzip beruht, geht aus der schematischen Fig. 2 hervor. Unter den Einstellknöpfen F (Fig. 1) liegen parallel neben einander, durch Führungen gegen seitliche Verschiebungen gesichert,

zehn Zahnstangen Z_i, die mit einem Proportionalhebel H gelenkig verbunden sind. Dieser Hebel kann durch Bewegung einer an der Kurbelwelle sitzenden Pleuelstange pl Schwingungen um einen seiner Endpunkte, z. B. X, ausführen, wodurch die Zahnstangen Z_i entsprechend ihrer Entfernung vom Drehpunkt des Hebels hin- und herbewegt werden. Bei allen Additionsvorgängen liegt dieser Drehpunkt auf der Zahnstange Z_0; der Hebel schwingt dann von H bis H_1 und erteilt dabei den Zahnstangen ihrer Bezifferung entsprechende Bewegungen. Werden nun mittels der Knöpfe F (Fig. 1 u. 5) die auf den vierkantigen Achsen A verschiebbaren, zehnzähnigen Rädchen R über die entsprechenden Zahnstangen Z_i eingestellt, so drehen sie sich bei deren Bewegung um ebensoviele Einheiten hin und her. Durch eine besondere Kuppelung wird dafür gesorgt, daß nur die Vorwärtsdrehung sich dem Zählwerk mitteilt, während die Rückbewegung unwirksam bleibt. Besonders zur Ausführung von Subtraktionen bequem geeignet wird das Schaltwerk durch Verwendung der Zahnstangen, ohne daß eine Rückwärtsbewegung der Zählwerksglieder, die eine umständlichere Anordnung der Zehnerübertragung erfordern würde, nötig ist. Es wird nämlich das bereits beim Rechnen mit älteren Maschinen empfohlene Verfahren[1]), das Umschalten beim

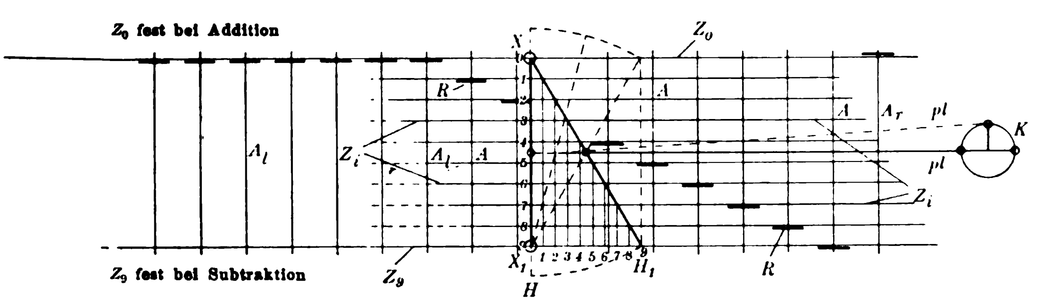


Fig. 2. Wirkungsweise des *Schaltwerks.*

Subtrahieren und Dividieren durch *Einstellen und Addieren der dekadischen Ergänzungen*[2]) zu ersetzen, in einfachster Weise praktisch verwertet. Mittels einer Umschaltvorrichtung kann der Drehpunkt des Hebels H auf die Zahnstange Z_9 in den Punkt X_1 verlegt werden, sodaß diese, die vorher den größten Weg, neun Einheiten, zurücklegte, jetzt stillsteht, während Z_0 um neun Einheiten bewegt wird. In beiden Fällen, und natürlich auch für alle zwischenliegenden Stangen, wird demnach die Summe der Bewegungen bei beiden Schaltungen neun Einheiten betragen. Ein einfaches Beispiel wird diesen Vorgang noch genauer erläutern. Es mögen die sechs rechtsliegenden Knöpfchen F auf die Zahl 249 713 eingestellt und die Stange Z_0 verriegelt sein; dann wird nach einer Kurbelumdrehung dieser Wert im Zählwerk erscheinen, wenn es vorher 0 zeigte. Um dieselbe Zahl wieder zu subtrahieren, schalten wir jetzt um, sodaß der Hebel H um Z_9 schwingt. Auf diese Weise wird tatsächlich die Ergänzung zu neun 750 286 addiert, und als Resultat ergibt sich 999 999, statt 000 000. Der hierbei entstehende Fehler wird durch Erhöhen der Einerstelle um eine Einheit getilgt. Dazu dient ein Ansatz an der Zahnstange Z_0, der bei allen Subtraktionen eine rechts von der letzten Schaltwerkswelle liegende Achse A_r mit

[1]) W. Veltmann, Über eine vereinfachte Einrichtung der Thomasschen Rechenmaschine. *Diese Zeitschr.* **6.** *S. 134. 1886.*

[2]) Dasselbe Prinzip hat Hr. Hamann bei der „Mercedes-Gauß" angewendet, wo freilich die mechanische Durchführung weniger einfach war.

18*

einem festsitzenden Zahnrad jedesmal eine ganze Umdrehung ausführen läßt, die eine Zehnerübertragung nach links auslöst und so die Einerstelle um Eins erhöht. Ferner liegen auch neben den neun Einstellreihen links, den Schaulöchern des Zählwerkes gegenüber, weitere Achsen A_l mit festem Zahnrad über Z_0, die alle bei Bewegungen von Z_0, also bei Subtraktionen, um 9 Zähne, gleich $^9/_{10}$ ihres Umfangs, gedreht werden, worauf ihnen gegenüber im Zählwerk Neunen zum Vorschein kommen. Durch die fortschreitende Zehnerübertragung werden diese schließlich alle in Nullen verwandelt, und das richtige Ergebnis ist erhalten. Die Subtraktion der beiden gleichlautenden Zahlen erledigt die Maschine also in folgender Weise:

$$\begin{array}{r} 249\,713 \\ +\left\{\begin{array}{r} 750\,286 \\ \ldots\ 999\,000\,001 \end{array}\right. \\ \hline 1\ \ldots\ 000\,000\,000 \end{array}$$

Die 1 verschwindet, da sie über das letzte Zählwerksglied hinaus übertragen wird.

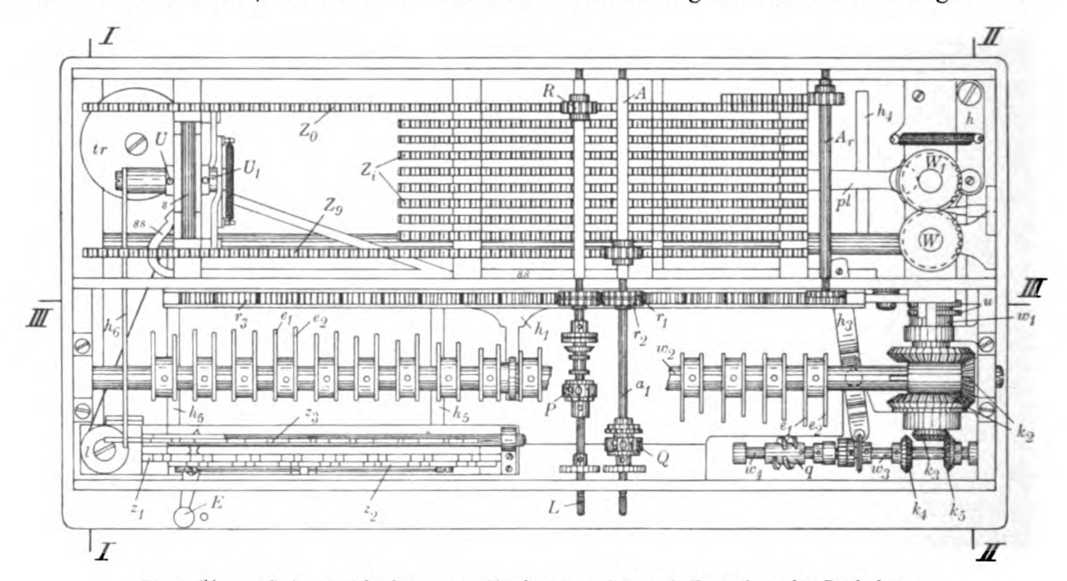


Fig. 3 ($^1/_3$ nat. Gr.). *Ansicht der ganzen Maschine von oben* nach Fortnahme der Deckplatten; weggelassen sind der Proportionalhebel *H* und sämtliche Schalt- und Zählwerksachsen bis auf je zwei.

Die Umschaltung erfolgt mittels des Hebels *U* (Fig. 1 u. 4), der den Riegel *s* in eine entsprechende Aussparung der Zahnstange Z_0 oder Z_9 schiebt, während er die andere freiläßt. Wenn, wie in Fig. 4, die Zahnstange Z_9 verriegelt ist, liegt auf ihr der Drehpunkt des Proportionalhebels *H*, es erfolgt also eine Subtraktion. Der Riegel *s* kann aber nur bei der Anfangsstellung der Zahnstangen umgelegt werden, da er sonst an der gegenüberliegenden Zahnstange ein Hemmnis findet. Eine Bewegung der Kurbel hingegen kann nur erfolgen, wenn der Hebel *U* vollständig umgelegt ist, weil anderenfalls beide Zahnstangen durch den Riegel *s* festgehalten werden. Somit ist der Umschalter zugleich zu einer Sicherungsvorrichtung gegen falsche Behandlung ausgebildet. Die Zifferntrommeln in den Schaulöchern *M*, welche die mit den Knöpfchen *F* eingestellten Zahlenwerte noch einmal geradlinig anzeigen, sitzen auf den mit einem steilen Gewinde versehenen Wellen w_s (Fig. 5); gegen diese legt sich eine Blattfeder, welche mit den Einstellschiebern verbunden ist. Eine Längsverschiebung des Knopfes *F* führt deshalb entsprechend der Steigung der Aussparung eine Drehung der Welle herbei, und zwar um eine Ziffer bei Bewegung der

Schieber um eine Einheit. Die Schieber *F* sind, um eine sichere und leichte Einstellung zu erzielen, mit Rollen versehen, die durch eine Feder in Rillen auf der Unterseite der Deckplatte gedrückt werden. Die Bewegung der Zahnstangen erfolgt von der mit der Kurbelwelle *W* durch Zahnräder *o* gekuppelten Welle W_1 aus durch die Pleuelstange *pl*. Durch zweckmäßige Ausführung des Proportionalhebels ist ein leichter, reibungsfreier Gang des Schaltwerks erreicht.

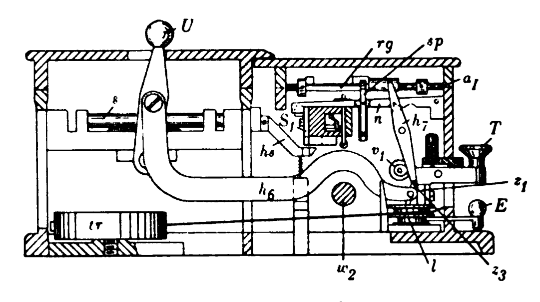


Fig. 4 (1/3 nat. Gr.). Seitenansicht (Schnitt *II* der Fig. 3) zur Erläuterung der *Umschaltung*.

Den Schaltwerksachsen *A* genau gegenüber im vorderen Teile der Maschine liegen die Achsen a_1 des *Zählwerks*; beide tragen an den einander zugewandten Enden gleichgeformte zehnzähnige Rädchen r_1 und r_2. Unter diesen befinden sich an dem Balken *b* (Fig. 6) breitere Zahnräder r_3, die mit beiden, r_1 und r_2, gleichzeitig in Eingriff gebracht werden können und damit beide Achsen starr verbinden (vgl. auch Fig. 3). Nun ist mit der Kurbelwelle die horizontale Achse w_1 durch die Kegelräder *k* und k_1 verbunden (Fig. 5); sie trägt zwei Kurvenscheiben *u*, an denen zwei Rollen, Enden eines Winkelhebels, derart gleiten, daß sie während einer Kurbelumdrehung eine durchaus zwangsläufige Schwenkbewegung ausführen, die sich durch die Hebelverbindung h_1, h_2 (Fig. 6)

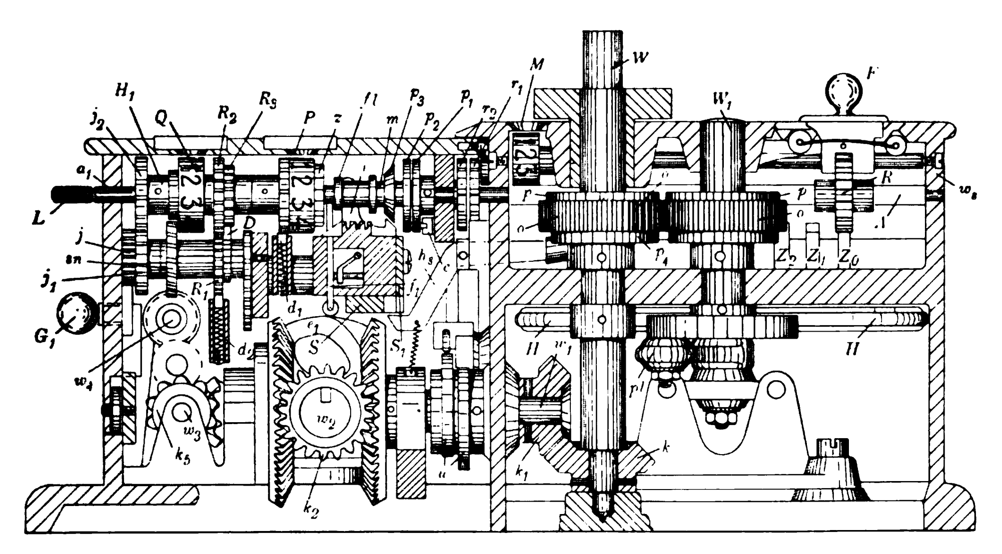


Fig. 5 (2/3 nat. Gr.). Seitenansicht (Schnitt *II II* der Fig. 3).

auf den Balken *b* überträgt. Diese Bewegung erfolgt in der Weise, daß während der ersten Hälfte einer Kurbeldrehung der Balken *b* nach oben gedrückt, die Kuppelung hergestellt und die Vorwärtsbewegung der Schalträder ins Zählwerk übertragen wird; dann aber, im Augenblick des Stillstehens der Schalträder vor Umkehr der Drehung, wird der Balken herabgeführt und die Kuppelung während der Rückbewegung ausgeschaltet. Ein Stift *st* tritt beim Senken des Balkens in eine Zahnlücke der Kuppelungsräder und sorgt dafür, daß diese beim Einschalten immer die richtige Stellung haben. Die den Zahnstangen von der Kurbel durch die Pleuelstange mitgeteilten Schwingbewegungen erfolgen nicht gleichförmig, sondern bis zur Mitte hin

beschleunigt, dann wieder abnehmend bis zum Stillstehen an den äußersten Punkten. Dieser Umstand ist für die ganze Konstruktion der Maschine von hervorragender Wichtigkeit; denn gleichzeitig wird auch die Drehung der Schaltwerks- und Zählwerksachsen gegen das Ende hin verlangsamt, sodaß letztere beim Entkuppeln sogleich sicher feststehen und *keinerlei Trägheitswirkungen* auftreten können. Daher genügt zur Sicherung der Stellung der Achsen a_1 ein Sperrkegel d_1 (Fig. 5), der gegen ein neben der Zifferntrommel befindliches Zahnrad von einer Feder gedrückt wird und in dessen Lücken einspringt, wenn im Schauloch P gerade eine Ziffer sichtbar ist.

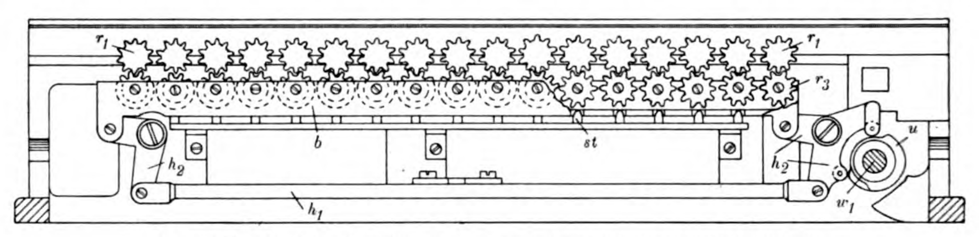


Fig. 6 (1/3 nat. Gr.). *Kuppelung* von vorn gesehen (Schnitt *III III* der Fig. 3).

Mit ihren Köpfen L ragen die Zählwerksachsen aus der Maschine heraus; an ihnen können die Einstellungen bei Divisionen u. s. w. erfolgen. Besondere Vorkehrungen sind hierbei noch getroffen, um ein Drehen über 9 hinaus, das eine Zehnerübertragung auslösen würde, unmöglich zu machen.

Nach dem bisher Geschilderten werden während der ersten halben Kurbelumdrehung die Zifferntrommeln in P um den Betrag der in den entsprechenden Stellen des Schaltwerks eingestellten Ziffern — bei Subtraktionen deren Ergänzung zu 9 — weitergedreht; der zweiten Hälfte ist die „Ausführung“ der bereits vorher

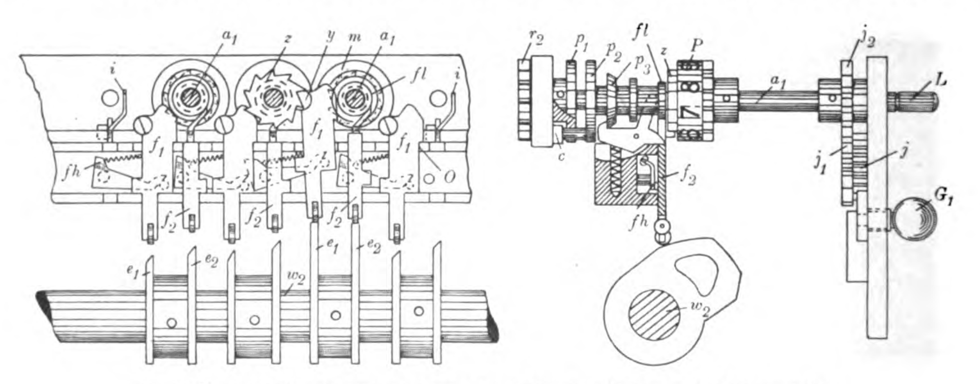


Fig. 7 (2/3 nat. Gr.). *Zehnerübertragung des Zählwerks* (Vorder- und Seitenansicht).

„vorbereiteten“ *Zehnerübertragung*, der Erhöhung der nächsthöheren Stelle bei Übergang von einer 9 zur 0 im Zählwerk, vorbehalten. Sie vollzieht sich in folgender Weise. Auf der Achse a_1 (Fig. 5 u. 7) sitzt lose eine Muffe m mit einer Scheibe p_2 und einem daran befestigten Stift, der durch eine Aussparung der mit der Achse fest verbundenen Scheibe p_1 hindurchragt. Rückt nun die Zifferntrommel im Schauloch P von 9 weiter auf 0, so trifft inzwischen der Stift einen Ansatz c des Maschinenrahmens und schiebt sich an dessen Abschrägung entlang, sodaß die Muffe achsial verschoben wird. In dieser neuen Lage wird sie durch den federnden Haken i festgehalten, der sich hinter die Scheibe p_3 legt. Die Ausführung der Zehnerübertragung erfolgt von der Welle w_2 aus, die mit der horizontalen Achse w_1 durch die Kegelräder k_2 gekuppelt ist. Da

deren Umfänge im Verhältnis 2:1 stehen, macht die Welle w_2 bei einer Kurbeldrehung zwei Umläufe. An ihr befinden sich, spiralartig versetzt, eine Anzahl Exzenterpaare e_1, e_2, eins unter jeder Zählwerksachse. Durch eine Verbindung mit einem Ansatz des Hebels h_1 (Fig. 3) wird die Welle gleich jenem bei Beginn der ersten Umdrehung etwas seitlich verschoben, vor ihrem zweiten Umlauf aber wieder in ihre alte Lage gerückt, sodaß die Exzenter jetzt *unter* die Schieber f_1, f_2 (Fig. 7 u. 5) kommen, während sie vorher an ihnen *vorbei* gingen, und sie bei ihrer weiteren Umdrehung stets in die Höhe drücken. Die Schieber f_1 gleiten dabei an den Flächen O des festen Rahmens; finden sie keinen Widerstand, so gehen sie senkrecht in die Höhe und kehren, von dem Federhebel fh gezogen, beim Weitergang der Exzenter sogleich in ihre Anfangsstellung zurück. Ist jedoch eine Zehnerübertragung vorbereitet, so trifft der entsprechende Schieber f_1 auf den vorgeschobenen Flansch fl der Muffe m, wird von diesem zur Seite gekippt und rückt mit dem Zahn y das auf der benachbarten Zählwerksachse sitzende Zahnrad z um eine Einheit weiter. Dieser Vorgang ist in Fig. 7 bei dem am höchsten stehenden Schieber dargestellt. Indessen hat der Exzenter e_2, der dem vorigen um einen geringen Betrag nachläuft, den Schieber f_2 angehoben; dieser trifft einen Arm des Sperrhakens i, löst ihn aus und schiebt die Muffe mit einem Hebel in die in Fig. 5 wiedergegebene Anfangslage zurück. Dadurch wird auch der Schieber f_1 frei und senkt sich dem Ablauf des Exzenters gemäß nach unten. Da die Exzenter spiralig angeordnet sind, erfolgt die Zehnerübertragung von der untersten Stelle an fortlaufend und kann sich durch das ganze Werk fortsetzen. Die Zehnerübertragung kann nur während der zweiten Hälfte der Rechnung, wenn die Kuppelung aufgehoben ist, erfolgen; durch das zweimalige Rotierenlassen der Welle w_2 wurde es dennoch ermöglicht, die Exzenter über nahezu die *ganze* Peripherie der Achse w_2 zu verteilen und ihnen entsprechend kleinere Radien zu geben. Es braucht nach der vorstehenden Beschreibung wohl nicht mehr besonders betont zu werden, daß alle Teile der Zehnerübertragung zwangsläufig arbeiten und somit eine sichere Gewähr fehlerfreien Ganges geboten ist.

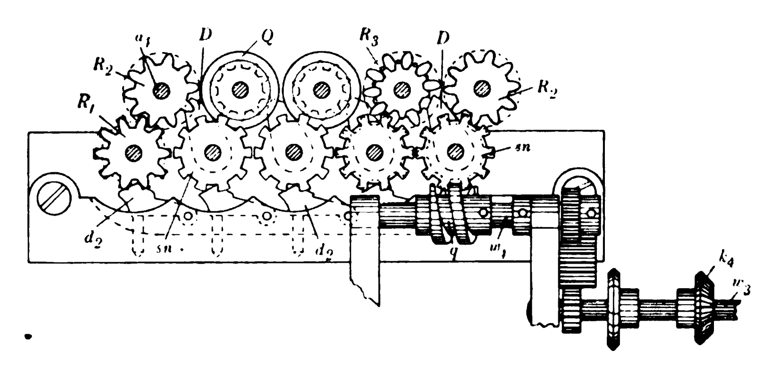


Fig. 8 (²/₃ nat. Gr.). *Quotientenzählwerk.*

Die in der Schaulochreihe Q (Fig. 5) erkennbaren Zifferntrommeln des *Quotientenzählers*, der die Anzahl der Kurbelumdrehungen bei den einzelnen Schlittenlagen anzeigt, sind mit Hülsen H_1 auf den Achsen a_1 angebracht und erscheinen infolge dieser Anordnung, für den Rechner besonders übersichtlich, in einer Richtung mit den Einstellschlitzen und den Zählwerksziffern. Seinen Antrieb erhält dieses Zählwerk von der Welle w_3 (Fig. 3 u. 5), die mittels eines Zwischenrades mit der Exzenterwelle w_2 und dadurch weiter mit der Kurbel gekuppelt ist. Diese Welle ist verschiebbar und trägt die beiden konischen Räder k_4 und k_5, die abwechselnd mit k_3 in Eingriff gebracht werden können, und an seinem linken Ende ein Zahnrad, das wiederum durch ein Zwischenrad die höher liegende Welle w_4 treibt (Fig. 8). Bei den gewählten

Abmessungen aller dieser Räder macht w_4 bei einer Kurbelumdrehung ebenfalls einen Umlauf, und zwar vorwärts oder rückwärts, je nachdem das Rad k_4 oder k_5 eingeschaltet ist. Die Umstellung geschieht durch den Umschaltknopf U_1 (Fig. 1), der am Ende eines Hebels sitzt; durch eine Schubstange *ss* (Fig. 3) wird dessen Bewegung dem Hebel h_3 mitgeteilt, der mit einem Schlitz in eine Scheibe der Welle w_3 eingreift und sie hin- und herschiebt (Fig. 3). Durch eine Federung ist dafür gesorgt, daß der Umschalthebel leicht in seine Endlagen einspringt und darin festgehalten wird, ferner sind in ähnlicher Weise wie beim Hebel U Sicherungen vorgesehen, daß bei fehlerhafter Einstellung ein Drehen der Maschine verhindert, ebenso ein Umstellen während eines Rechenvorgangs unmöglich wird.

Die an der Welle w_4 (Fig. 3 u. 8) befindliche Schnecke q treibt das darüber liegende zehnzähnige Schneckenrad *sn* bei jeder Drehung um einen Zahn weiter. Jenes sitzt zugleich mit einem Zahnrad R_1 und einem Mitnehmerdaumen D an einer Hülse, die auf einer festen Achse steckt; darüber endlich, auf den Hauptzählwerksachsen, sitzen die neben den Zifferntrommeln zwei Zahnräder R_2 und R_3 tragenden Hülsen H_1. Diese Teile wirken in folgender Weise zusammen: Die beiden Zahnräder R_1 und R_2 greifen ineinander ein (Fig. 8 links); bei jeder Schneckenumdrehung rückt also die darüber liegende Ziffernscheibe Q um eine Einheit weiter. Findet dabei ein Übergang von 9 zu 0 oder bei rückläufiger Bewegung von 0 zu 9 statt, dann greift der Daumen D in das Rad R_3 der nächsthöheren Zählwerksstelle ein und schiebt es um eine Ziffer vorwärts oder zurück. Wie beim Produktenzählwerk drücken gegen die Zähne der Räder R_1 Sperrkegel d_2, sodaß die richtige Stellung der Schneckenräder und auch der Ziffern in den Schaulöchern gesichert ist. Um das Verschieben des Schlittens und des darin gelagerten Zählwerkes gegen die festsitzende Antriebsschnecke q zu ermöglichen, ist diese mit einem Schlitz versehen, der bei normaler Kurbelstellung gerade in der Ebene der Schneckenräder *sn* liegt, durch den diese also ungehindert hindurchtreten können.

Die *Zehnerübertragung im Quotientenzähler* erscheint als ganz besonderer Vorzug der neuen Maschine und erweist sich zur sicheren und bequemen Ausführung der „abgekürzten Multiplikation" als äußerst wichtig. Es ist ja allgemein üblich, mit einer Additionsrechenmaschine die Multiplikation einer mehrstelligen Zahl, mit 299 beispielsweise, so auszuführen, daß man diese mit 300 multipliziert und in der Einerstelle einmal subtrahiert. Dann zeigten aber die älteren Maschinen als Multiplikator statt 299 eine Zahl 301 an, wobei die Eins zur Erkennung der ausgeführten Subtraktion meist andersfarbig war; es blieb also dem Rechner übrig, diese Zahl im Kopf umzurechnen, um sich von der Richtigkeit seiner Operation zu überzeugen. Bei Anwendung dieser Rechnungsart mit der „Euklid" ist nur nötig, beim Subtrahieren beide Knöpfe U und U_1 umzustellen — U auf Subtraktion, U_1 auf C, d. h. Korrektur des Multiplikators (Fig. 1) — und danach so oft zu drehen, bis in Q der gewünschte Multiplikator erscheint.

Unentbehrlich war die Zehnerübertragung im Quotienten zur Durchführung der bereits oben erwähnten *automatischen Division*, deren Grundgedanke hier kurz angedeutet werden soll, damit danach die zu ihrer Ausführung notwendigen Vorrichtungen im einzelnen beschrieben werden können. Die Division einer Zahl a durch b ergebe im Quotienten als die ersten zwei Ziffern c und d und die zugehörigen Reste r_c und r_d; dann ergibt sich die Gleichung

$$\frac{a}{b} = c\,10^n + \frac{r_c}{b} = c\,10^n + d\,10^{n-1} + \frac{r_d}{b}, \qquad 1)$$

oder

$$\frac{a}{b} = (c+1)\,10^n - (10-d)\,10^{n-1} + \frac{r_d}{b}. \qquad 2)$$

In Gl. 2) ist der mathematische Ausdruck für die Vorgänge bei der automatischen Division gegeben. Anstatt den Divisor in jeder Stelle so oft vom Dividendus abzuziehen, bis ein positiver Rest verbleibt, der kleiner als der Divisor ist — also in erster Stelle c-, in zweiter d-mal — führen wir die Subtraktion in der ersten Stelle $(c+1)$-mal aus und erhalten einen negativen Rest $\frac{r_c - b\,10^n}{b}$, zu dem wir in der nächsten Stelle b so oft addieren, bis der Rest wieder positiv wird, also nach Gl. 2) $(10-d)$-mal. Derselbe Vorgang wiederholt sich dann in der 3. und 4. Stelle u. s. f. Bei Ausführung solcher Divisionen mit unserer Rechenmaschine sind nach Einstellen des Dividendus und Divisors deren höchste Stellen durch Verschiebung des Zählwerks unter einander zu bringen, Hebel U (Fig. 1) auf Subtraktion, U_1 auf N (Normalstellung, d. h. Addieren der Kurbelumdrehungen) zu stellen, und danach die Kurbel so oft — $(c+1)$-mal — zu drehen, bis der Dividendus negativ wird, was die Maschine durch eine Anzahl Neunen links in der Zählwerksreihe P anzeigt. In der Maschine tritt nun selbsttätig eine Hemmung ein, die erst beseitigt wird, wenn die beiden Hebel umgestellt sind, U auf Addition, U_1 auf C (Korrektur des Quotienten), wobei gleichzeitig der Schlitten mit dem Zählwerk eine Stelle nach links rückt. Jetzt werden $10-d$ Umdrehungen ausgeführt, worauf wir wegen der Zehnerübertragung im Quotientenzähler dessen Wert cd in Q richtig erhalten; während der letzten Kurbeldrehung wird der Dividendus positiv, und es erfolgt wiederum eine Hemmung. Erst nach erneuter Umschaltung kann weiter gedreht werden, worauf sich der beschriebene Vorgang wiederholt. Wie wir hieraus ersehen, muß die Maschine mit einer Vorrichtung versehen sein, die den Schlitten beim Umschalten selbsttätig um eine Dekade vorrückt, ferner muß eine Sperrung der Kurbel erfolgen, wenn entweder im Zählwerk links Neunen zum Vorschein kommen, während auf Subtraktion geschaltet ist, oder wenn bei gleichzeitiger Schaltung auf Addition die Neunen in Nullen übergehen.

Die Vorrichtungen zur *Verstellung des Schlittens* sind in den Fig. 3, 4, 9 und 10 dargestellt. Der Schlitten läuft auf Rollen, welche sich an Leitschienen des Gehäuses abstützen (Fig. 5, links neben k_5). An ihm ist eine Gelenkkette befestigt, die sich um eine Rolle l schlingt und von einer in der Trommel tr liegenden Spiralfeder einen kräftigen Zug erhält, sodaß sie den Schlitten dauernd nach links zieht. Mit dem Gestell der Maschine ist eine Zahnstange z_1 verbunden, in deren Lücken eine am Schlitten befestigte Drehtaste T mit einem Ansatz v eingreift. Da die Zähne der Stange z_1 auf einer Seite abgeschrägt sind (Fig. 9), kann der Ansatz beim Verschieben des Schlittens nach rechts an diesen ohne Widerstand entlang gleiten, während er bei einer Rückbewegung von einer Feder herabgedrückt gegen die senkrechten Zähne trifft. Durch einen Druck auf die Taste T kann die Sperrung gelöst und der Schlitten in jede beliebige andere Stellung verschoben werden, in der er nach Loslassen der Taste bleibt. Die Entfernungen der Zähne sind gleich den Abständen der Schalt- und Zählwerksachsen gemacht, und die Taste ist so angeordnet, daß bei jeder Schlittenlage die Rädchen r_1 und r_2 jener Wellen einander genau gegenüberstehen. Bei Multiplikationen ist das Weiterspringen des Schlittens von Stelle zu Stelle erwünscht; hierzu dient ein Knöpfchen Kn im Deckel des Schaltwerks, das auf Wunsch links neben der Kurbel K angebracht wird, damit das Verstellen des Schlittens während des Rechnens bequem mit dem Daumen der rechten Hand ausgeführt werden kann, ohne daß man die Kurbel loslassen muß.

Ein kurzer Druck auf diesen Knopf überträgt sich durch den Hebel h_4 auf die Arme h_5 (Fig. 3), die gegen die Ansätze V (Fig. 10) einer zweiten vor z_1 liegenden, nach oben verschiebbaren Zahnstange z_2 mit beiderseits abgeschrägten Zähnen drücken. Dadurch wird diese angehoben und löst den Ansatz v aus der Zahnstange z_1 aus, worauf der Schlitten zunächst um so viel weiterrückt, bis v an die Abschrägung von z_2 trifft, dann, nachdem z_2 unter Einwirkung zweier Druckfedern in ihre Anfangslage zurückgekehrt ist, in die nächste Stelle einrückt. Bei der automatischen Division soll das Weiterrücken beim Umstellen des Hebels U selbsttätig erfolgen. Dies geschieht durch

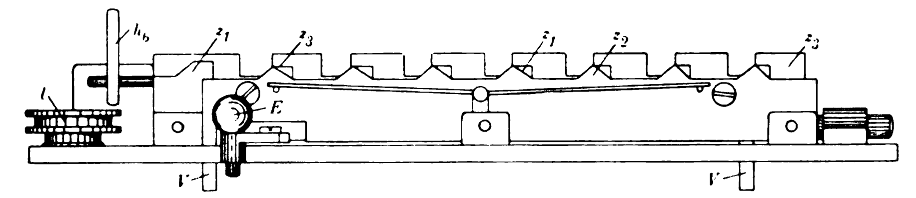


Fig. 9 (²/₃ nat. Gr.). *Schlittenverstellung* (Vorderansicht).

eine Klappe z_3, die mittels des Hebels h_6 die Bewegungen des Umschalters mitmacht und dabei die Taste T an einer Rolle v_1 anhebt. Entsprechend der Anzahl und dem Abstande der Zähne der Stange z_1 besitzt diese Klappe Aussparungen. Wird nun beim Umschalten die Taste T ausgehoben, so gleitet der Schlitten nach links, bis die Rolle v_1 in eine dieser Aussparungen einspringt und ein Weitergleiten hemmt; nach dem vollständigen Ausschwingen der Klappe kann dann der Ansatz v in die nächste Lücke einrücken, womit die Verstellung erreicht ist. Da es nicht bei allen Rechnungsarten erwünscht ist, daß der Schlitten beim Umschalten weiterspringt, ist noch eine seitliche Verschiebung der Klappe z_3 vorgesehen, die zur Folge hat, daß dann der Rolle v_1 gerade ihre Lücken gegenüberstehen und die Schwingungen der Klappe auf jene nicht einwirken können. Diese Verschiebung führt ein Hebel E aus, der in den beiden beschriebenen Arbeitslagen der Klappe arretiert werden kann (Fig. 9 u. 10). Um den Schlitten gegen Verschiebungen während eines Rechenvorganges zu sichern und andererseits eine Drehung bei falscher Schlittenstellung zu verhindern, ist am Rahmen des

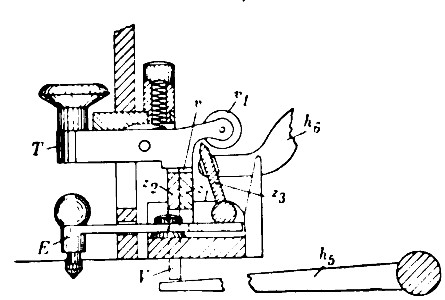


Fig. 10 (²/₃ nat. Gr.). *Schlittenverstellung* (Seitenansicht).

Schaltwerkes unterhalb der Kurbelwelle ein Winkelhebel *hs* angebracht (Fig. 5). Eine an seinem Ende befindliche Rolle wird von einer Zugfeder gegen eine Scheibe p_4 an der Kurbelwelle W gedrückt und springt bei der Ruhelage der Kurbel in einen Ausschnitt von p_4 ein. Das andere mit einem Ansatz versehene Ende dieses Hebels steht einer im Schlitten befestigten Schiene S gegenüber; diese ist im Abstande der Zählwerksglieder mit Einfräsungen versehen, in die bei richtiger Schlittenstellung jener Ansatz einrückt, wenn beim Drehen der Kurbel der Hebel *hs* von der Scheibe p_4 nach unten gedrückt wird; hierdurch ist ein Verschieben des Zählwerkes während der Drehung unmöglich gemacht. Steht der Schlitten falsch, so wird eine Bewegung der Kurbel verhindert, da der Hebel dann gegen die Schiene S stößt.

Gleichzeitig dient der Schwinghebel *hs* dazu, die bei der automatischen Division notwendigen Bremsungen der Kurbel zu bewirken. Zu dem Zwecke ist neben S eine zweite senkrechte Schiene S_1 mit abgeschrägten Zähnen angeordnet, die von dem

Ansatz, der ebenfalls mit einer Abschrägung versehen ist, bei jeder Kurbeldrehung etwas in ihrer Längsrichtung verschoben wird. Die Hemmung erfolgt nun in folgender Weise: Die zu äußerst links liegende Zählwerksachse ist gleich den anderen mit allen Vorrichtungen zur Zehnerübertragung versehen. Links neben ihr ist eine Hülfsachse a_I mit einem drehbaren und verschiebbaren Riegel *rg* angeordnet (Fig. 11 u. 12); seine Verschiebung geschieht beim Umschalten von *U* durch einen von der Klappe z_3 geführten Hebel h_7 (Fig. 4), und zwar rückt er beim Subtrahieren in die in Fig. 4 u. 12 wiedergegebene Stellung, beim Addieren dagegen nach vorn. Bei Ausführung einer Division wird nun der Divisor zunächst so oft abgezogen, als er in der betreffenden Stelle des Dividendus enthalten ist; da die Maschine dies in der Weise ausführt, daß sie die dekadischen Ergänzungen addiert (vgl. das Beispiel auf *S. 235*), erscheint in den höheren Stellen des Zählwerks zuerst eine Anzahl Neunen, die dann nach Vollendung der Zehnerübertragung wieder zu Nullen werden. Ist diese fortschreitend bis zur höchsten Stelle gelangt, so wird auch hier eine Zehnerübertragung vorbereitet, also der Flansch *fl* neben den hier mit zwei kleinen Ansätzen versehenen Schieber f_1 gerückt. Dieser kippt daher beim Anheben durch den Exzenter e_1 etwas nach links

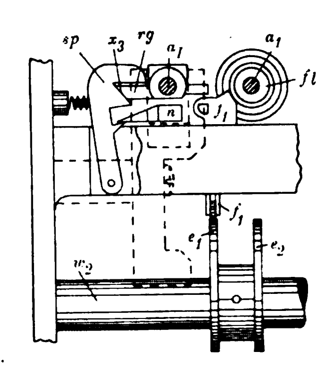


Fig. 11 (²/₃ nat. Gr.). Letzte Zählwerkswelle mit den Vorrichtungen für die *automatische Hemmung* (Vorderansicht).

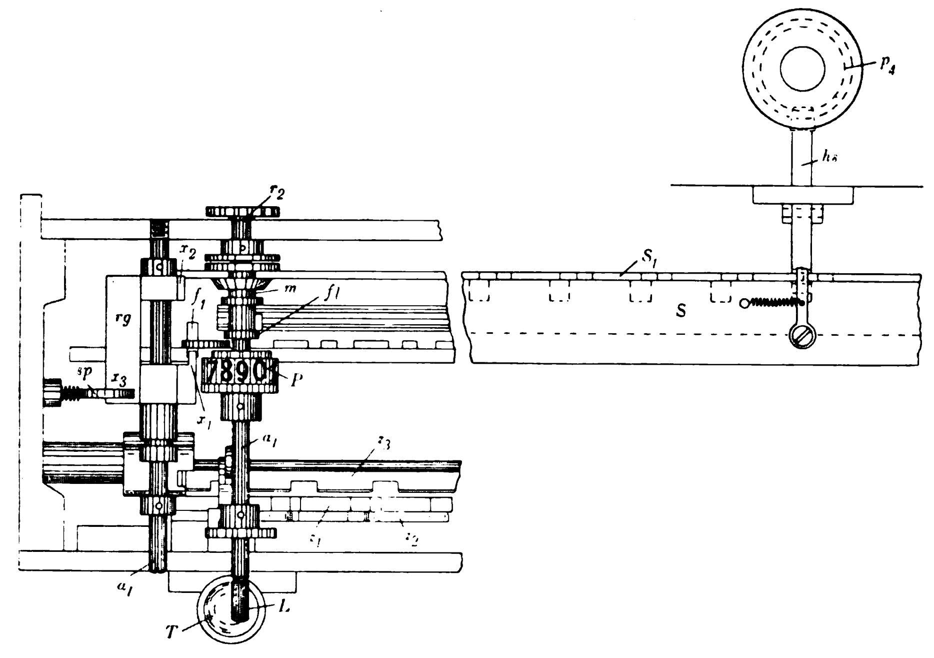


Fig. 12 (²/₃ nat. Gr.). Letzte Zählwerkswelle mit den Vorrichtungen für die *automatische Hemmung* (Ansicht von oben).

und gleitet an dem Vorsprung x_1 des Riegels *rg* ohne Berührung vorbei. Dies geschieht bei jeder Umdrehung, solange der Dividend noch positiv ist; wird nun aber *noch eine* Subtraktion des Divisors ausgeführt, dann bleiben die Neunen im Zählwerk stehen, es erfolgt keine Zehnerübertragung, und der Schieber rückt jetzt senkrecht in die Höhe, trifft den Riegel bei x_1 und bringt ihn zum Kippen, wie Fig. 12 gerade zeigt. Umgekehrt verläuft der Vorgang bei dem zweiten Teil der automatischen Division, der

Addition des Divisors in der nächstniederen Stelle zur Verbesserung des Quotienten. Da steht der Riegel mit der Fläche x_2 dem Schieber gegenüber und wird von ihm nicht berührt, solange keine Zehnerübertragung ausgelöst ist. Sobald aber der negative Dividend durch hinreichendes Addieren des Divisors wieder positiv geworden ist, erscheinen mit der fortschreitenden Zehnerübertragung an Stelle der Neunen wieder Nullen; der vorgeschobene Flansch *fl* drückt jetzt den Schieber f_1 zur Seite, und dieser bringt den Riegel bei x_2 zum Kippen. Dadurch wird in beiden Fällen eine Hemmung der Kurbel erreicht. Der Riegel *rg* drückt nämlich beim Kippen mit der abgeschrägten Fläche x_3 den Sperrhaken *sp* gegen eine Feder; dabei wird ein Schwinghebel *n*, der seinen Drehpunkt an der Vorderwand des Schlittens hat, von einem kleinen Ansatz des Hakens freigegeben und rückt, von einer Feder nach unten gezogen, in eine Lücke der verschiebbaren Schiene S_1 (Fig. 4). Dadurch wird diese gegen Längsverschiebungen verriegelt, der Hebel *hs* kann infolgedessen nicht mehr bewegt werden und hemmt auch ein Drehen der Kurbel. Die Aufhebung der Sperrung geschieht durch Umschalten: der Hebel h_7 hebt während seiner Schwingbewegung den Balken *n*

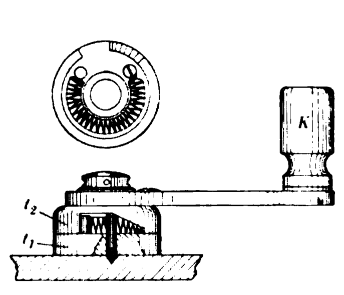


Fig. 13 (1/2 nat. Gr.). Ausbildung der *Kurbel*.

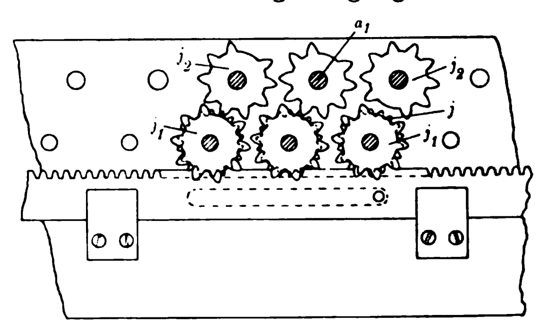


Fig. 14 (2/3 nat. Gr.). *Auslöschung*.

an und bringt ihn wieder in seine Anfangslage, in der er von dem Haken *sp* festgehalten wird. Würde sich der auf die Kurbel ausgeübte Druck beim Eintreten einer Hemmung auf das Werk übertragen, so könnte dies bei unvorsichtigem Gebrauch leicht beschädigt werden. Um dies zu verhüten, ist die Kurbel in besonderer Weise ausgebildet. An der Kurbelwelle *W* sitzt fest eine Scheibe t_1, darüber an einer drehbaren Scheibe t_2 die Kurbel *K* (Fig. 13); zwischen beiden ist eine Spiralfeder angeordnet, die den Druck der Kurbel aufnimmt und auf die Welle überträgt, bei stärkerem Widerstande im Werk aber zusammengepreßt wird, wodurch von einer Abschrägung der Scheibe t_2 ein Stift in eine Vertiefung der Deckplatte gedrückt wird. Dieser nimmt dann jede weitere Beanspruchung der Kurbel auf und macht sie unschädlich. Ein Rückwärtsdrehen der Kurbel, das bei dem inneren Bau der Maschine nicht zulässig ist, wird durch einen Keil verhütet, der von einer Feder gegen die Scheiben *p* (Fig. 5 u. 3) gedrückt wird. Bei rechtsläufiger Drehung wird er zurückgeschoben, während er sich beim Rückwärtsdrehen der Kurbel sogleich zwischen diese Scheiben legt und ihre Bewegung aufhält. Zur Sicherung der Normalstellung der Kurbel ist schließlich noch ein unter Federzug stehender Hebel *h* (Fig. 3) vorgesehen, dessen schwingendes Ende eine Rolle trägt, die in eine Aussparung an der Welle W_1 einschnappt, wenn die Kurbel ihre Anfangslage einnimmt.

Als letzter wesentlicher Bestandteil der Maschine verdient noch die *Auslöschung* Erwähnung. Diese erfolgt, für die beiden Zählwerke gesondert, durch Seitwärtsschieben der Griffe *G* und G_1 (Fig. 1 u. 5). Dadurch werden von G_1 eine Zahnstange und auf ihr eingreifende Zahnrädchen *j* (Fig. 14) hin- und herbewegt. Die Achsen dieser Räd-

chen tragen noch ein zehnzähniges Rad j_1, das mit dem darüberliegenden, an der Achse a_1 des Produktenzählwerks sitzenden Rad j_2 in Eingriff steht; bei beiden ist ein Zahn entfernt, sodaß eine Aussparung entsteht. In der Ruhelage der Zahnstange steht die Lücke von j_1 den Rädchen j_2 gegenüber, die sich dann frei bewegen können. Beim Verschieben aber greift j_1 in das Rädchen j_2 ein und dreht es, bis dessen Lücke nach unten kommt, worauf die Berührung mit j_1 aufhört. Zugleich sind alle Ziffernscheiben P auf Null gerückt. In ähnlicher Weise wird durch Verschieben von G der Quotient oder Multiplikator Q gelöscht. Durch Federkraft werden beide Griffe dann sogleich in ihre Anfangslage zurückgeführt; G kann gleichzeitig als Handgriff bei Rechtsverschiebungen des Schlittens dienen.

Zum Schluß möge noch erwähnt werden, daß alle Teile der Maschine, die stärkere Beanspruchung erleiden, wie die Hauptwellen, die Zahnstangen zur Verstellung des Schlittens, die Exzenter u. a., aus gehärtetem Stahl gefertigt sind, sodaß eine Abnutzung nicht zu erwarten ist.

Ferner sei noch darauf hingewiesen, daß die Maschine durch Vorsetzen eines zweiten Schaltwerkes vor das Zählwerk einen erweiterten Gebrauch gestattet. Dann können Produkte von der Form $a \cdot b \cdot c$ gebildet werden, ohne daß eine Neueinstellung des Produktes $a \cdot b$ nötig ist, ferner können beim Addieren einfacher Produkte nicht nur die Summe, sondern auch die Einzelprodukte entnommen werden; überhaupt lassen sich die meisten verwickelteren Rechenoperationen bequem und schnell ausführen. In dieser Weise ausgebildete Maschinen sind im Bau und werden demnächst in den Handel gebracht werden.

Es ist erstaunlich, mit welcher Schnelligkeit und Sicherheit die Maschine alle Rechenarten, besonders die automatische Division, ausführt. Die wichtigen Neuerungen der „Euklid“, die dem Maschinenrechnen ganz neue Gebiete eröffnen, werden ihr unter den mechanischen Rechenhülfsmitteln einen hervorragenden Platz sichern.

Berlin, Kgl. Landwirtschaftliche Hochschule, im Juni 1910.

Über Kompensationsthermometer.

Von
H. F. Wiebe in Charlottenburg.

(Mitteilung aus der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt.)

Ein Quecksilberthermometer wird für genaue Temperaturmessungen um so brauchbarer sein, je weniger veränderlich sein Eispunkt ist. Die Veränderungen können zweifacher Art sein. Einmal zeigen sie sich in dem dauernden Ansteigen und zweitens in der vorübergehenden Erniedrigung (Depression) des Eispunkts. Die Veränderungen der ersteren Art werden durch das künstliche Altern der Thermometer vermindert oder ganz aufgehoben; die Depression kann durch Wahl einer geeigneten Glasart bis auf kleine Größen eingeschränkt werden. So beträgt die sog. Depressionskonstante, d. i. die Erniedrigung des Eispunkts nach Erwärmung des Thermometers auf 100°, für die Jenaer Gläser 16^{III} und 59^{III} nur 0,06° und 0,03°, während sie für das französische „*verre dur*“ 0,10°, für das englische Kristallglas (Kew-Glas) über 0,2° ausmacht und bei den früher verwendeten thüringischen Glassorten sogar Beträge von 0,5° bis 0,8° erreicht. Die Größe der Depressionskonstante hängt also im wesentlichen von der Art des Glases, d. h. von seiner chemischen Zusammensetzung, ab und ließe sich durch Herstellung entsprechender Glasflüsse noch verringern, soweit nicht die

Strengflüssigkeit und Sprödigkeit solcher Gläser der Verarbeitung zu brauchbaren Röhren und vor der Lampe ein Ziel setzt. Neuerdings ist es zwar dem Jenaer Glaswerke gelungen, ein Thermometerglas herzustellen, das bei guter Verarbeitungsfähigkeit noch kleinere thermische Nachwirkungen aufweist als die bisher gebrauchten Gläser, doch sind die Beobachtungen noch nicht abgeschlossen, sodaß erst später darüber berichtet werden kann.

Nun hat Dr. O. Schott noch einen andern Weg angegeben, um die Depressionen des Eispunkts zu verkleinern oder zu beseitigen, indem er Thermometer aus Glas mit kleiner thermischer Nachwirkung herstellte und in dem Quecksilbergefäß einen Stab aus Glas mit großer thermischer Nachwirkung anbrachte. Wird das Volumenverhältnis des eingeschmolzenen Glasstiftes zu dem mit Quecksilber gefüllten Teil des Gefäßes richtig bemessen, so kompensieren sich die nach der Erwärmung des Thermometers auf höhere Temperaturen eintretenden Nachwirkungen, und der Eispunkt bleibt konstant.

Die ersten Untersuchungen mit solchen „Kompensationsthermometern" hat Dr. Wilhelm Hoffmann[1]) in Jena ausgeführt und zugleich die Beziehung hergeleitet, die zwischen der Nullpunktsänderung eines Kompensationsthermometers und der Nachwirkungsgröße der angewendeten Glasarten besteht.

Hoffmann untersuchte eine Reihe von Kompensationsthermometern aus Jenaer Glas 16^{III}, bei denen der eingeschmolzene Glasstift aus Jenaer Glas 335^{III} bestand. Das Verhältnis des Volumens des eingeschmolzenen Glaskörpers zu dem mit Quecksilber gefüllten Volumenteil des Gefäßes betrug bei den untersuchten Thermometern $^1/_6$, $^1/_8$, $^1/_{10}$. Er fand bei Erwärmungen dieser Thermometer bis 324° keine oder nur geringe Eispunktsveränderungen von 0,01° bis 0,02° und nur in einem Falle von 0,05°. Nach seinen Untersuchungen scheint die größte Konstanz der Eispunkte zu bestehen, wenn die beiden Volumina im Verhältnis $^1/_8$ bis $^1/_{10}$ stehen. Später hat auch Gustav Müller[2]) in Ilmenau Versuche mit Kompensationsthermometern angestellt und ist dabei zu ähnlichen Ergebnissen wie Hoffmann gelangt.

Obwohl den Kompensationsthermometern eine praktische Bedeutung bisher nicht zugekommen ist[3]), schien es mir doch wegen der großen Bequemlichkeit, welche Thermometer mit unveränderlichem Eispunkte bieten, wünschenswert, weitere Untersuchungen mit derartigen Thermometern anzustellen und auf solche Punkte zu erstrecken, die durch die bisherigen Versuche noch nicht klargestellt sind.

Da W. Hoffmann das Verhältnis der Eispunktsdepressionen nur für 100° ermittelt hat, so war es zunächst wichtig, noch einige andere Kompensationsverhältnisse sowie das Verhältnis der thermischen Nachwirkungen der beiden Glasarten für ein größeres Temperaturintervall festzustellen, als bisher geschehen ist. Sodann war besonders noch zu untersuchen, wie sich bei den verschieden kompensierten Thermometern und solchen aus dem Kompensationsglas 335^{III} die thermische Nachwirkung und Abweichung vom Gasthermometer verhalten.

Zu den Versuchen wurden die folgenden acht von C. Richter in Berlin sehr sorgfältig angefertigten Einschlußthermometer verwendet[4]).

---

[1]) *Diese Zeitschr.* **17.** *S. 257—261. 1897.*

[2]) *Chem. Zentralblatt* **1.** *S. 361—362. 1898.*

[3]) Bei der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt, Abt. II, sind bisher erst vier Kompensationsthermometer zur Prüfung eingereicht worden.

[4]) Die Anfertigung der Kompensationsthermometer mit genauem Kompensationsverhältnis bietet für einen geschickten Glasbläser keinerlei Schwierigkeiten und ist von C. Richter in der *Deutsch. Mech.-Ztg. 1910. S. 157* beschrieben worden.

Bezeichnung	Glasart	Skalenumfang	Gradlänge	geliefert
Nr. 90	335^{III}	— 5° bis + 35°	5,4 *mm*	7. 12. 1897
„ 91	16^{III}	— 5 „ + 36,5	5,2 „	7. 12. 1897
„ 92	16^{III} mit 1/12 Komp.	— 6 „ + 36	5,1 „	7. 12. 1897
„ 94	16^{III} „ 1/10 „	— 5,5 „ + 38	5,0 „	5. 1. 1898
„ 95	335^{III}	— 6 „ + 102	4,4 „	23. 4. 1898
„ 96	16^{III} mit 1/10 Komp.	— 5 „ + 102	4,4 „	9. 5. 1898
„ 98	16^{III} „ 1/12 „	— 9 „ + 102	4,2 „	23. 11. 1901
„ 99	16^{III} „ 1/4 „	— 2 „ + 102	4,3 „	23. 11. 1901

Die Teilung der Thermometer ist gleichmäßig in 0,1° ausgeführt; die Strichdicke beträgt durchgängig nur 0,03 *mm* gleich 0,006° bis 0,007°.

Die ersten vier Thermometer (Nr. 90, 91, 92, 94) waren vor ihrer Einlieferung nicht gealtert und haben dazu gedient, den Einfluß langandauernder Erhitzungen bei 300° (mit nachfolgender langsamer, stufenweiser Abkühlung) auf ihre Angaben zu ermitteln sowie die Depressionen bei derartig gealterten Thermometern zu bestimmen.

Nach Abschluß dieser Versuche sind die vier Thermometer in einem Kühlofen des Glaswerks von Schott & Gen. in Jena bei einer Temperatur, die derjenigen der Erweichung des Glases nahe liegt, künstlich gealtert und dann nach einer sehr langen Nachalterung in der Reichsanstalt nochmals auf Depression untersucht worden.

Die letzteren vier Thermometer (Nr. 95, 96, 98, 99) waren vor ihrer Einlieferung seitens des Fabrikanten künstlich gealtert und sind hauptsächlich zur Bestimmung der Reduktionen auf das Gasthermometer sowie des Anstiegs des Eispunktes und seiner Depressionen benutzt worden.

Im nachfolgenden werden die Resultate der gesamten Untersuchung summarisch mitgeteilt.

1. Der Einfluß lange andauernder Erhitzungen auf die Eispunkte.

Bevor die Thermometer Nr. 90, 91, 92, 94 Erhitzungen ausgesetzt wurden, sind ihre Eispunktsänderungen unter dem Einfluß der Zimmertemperatur mehrere Monate lang beobachtet worden. Die nach Verlauf von 4, bei Nr. 94 von 3 Monaten beobachteten Anstiege der Eispunkte sind nachstehend aufgeführt.

Glasart	Bezeichnung	Anstieg des Eispunkts
335^{III}	Nr. 90	0,174°
16^{III}	„ 91	0,011
16^{III} mit 1/12 Komp.	„ 92	0,000
16^{III} „ 1/10 “	„ 94	0,004

Dann folgte eine Depressionsbestimmung für 100°, darauf eine zweistündige Erwärmung auf 300°, durch welche sich die Eispunkte bei allen Thermometern um 0,5° bis 0,6° hoben, endlich nach zweimonatiger Ruhe abermals eine Depressionsbestimmung bei 100°. Es ergaben sich folgende Beträge:

Bezeichnung	Depression für 100°	
	nach 4-monatiger Ruhe	nach 2-stündiger Erwärmung auf 300° und 2-monatiger Ruhe
Nr. 90	0,396°	0,303°
„ 91	0,025	0,072
„ 92	0,004	0,018
„ 94	0,010	0,016

Während bei dem Thermometer Nr. 90 aus dem Glase 335^{III}, welches große Nachwirkung zeigt, die Depression bei der zweiten Bestimmung den ersten Betrag noch nicht wieder erreicht hatte, ist sie bei den übrigen Thermometern größer geworden. Es kann somit, wie auch sonst bekannt, aus der Depressionsbestimmung an nicht gealterten Thermometern kein sicherer Schluß auf die normale Größe der Depressionskonstanten gezogen werden.

Hiernach fand eine im ganzen etwa 1000 Stunden andauernde Erwärmung der Thermometer auf 300° statt, was bei allen vier Thermometern einen ziemlich gleichmäßigen Anstieg des Eispunktes um etwa 6° zur Folge hatte, ohne daß aber die Eispunkte schließlich völlig zur Ruhe gekommen wären. Es reicht demnach selbst eine fast anderthalb Monat dauernde Erwärmung auf 300° nicht hin, um die von der Anfertigung herrührende Nachwirkung vollends zu beseitigen, vielmehr muß hierzu, wie Schott[1]) bereits früher gezeigt hat, eine Erhitzung der Thermometer bis nahe an die Erweichungsgrenze des Glases stattfinden.

Nach der 1000-stündigen Erwärmung wurden die Thermometer einer sich über 144 Stunden erstreckenden, stufenweisen Abkühlung von 300° bis auf Zimmertemperatur unterworfen, blieben alsdann 30 Tage ununterbrochen in Eis, worauf die Depression der Eispunkte für Temperaturstufen von 50° zu 50° in dem Intervall von 0° bis 300° bestimmt wurde. Diese Bestimmung wurde nach zweijähriger Ruhe der Thermometer in Zimmertemperatur wiederholt.

Danach sind die Thermometer von dem Fabrikanten C. Richter ausgelassen und dann im entleerten Zustande im Jenaer Glaswerk feingekühlt worden. Nach der Wiederfüllung mit Quecksilber blieben die Thermometer mehrere Jahre in Ruhe, wurden darauf wiederum einem 250-stündigen Abkühlungsprozeß unterzogen und schließlich nochmals auf Depression ihrer Eispunkte für Temperaturen bis 300° untersucht. Die bei diesen verschiedenen Untersuchungen erhaltenen Depressionsgrößen sind in Tab. I zusammengestellt, wobei der Deutlichkeit wegen die Depressionen mit dem negativen Vorzeichen versehen sind, während in den Fällen, wo nach der Erwärmung des Thermometers ein Anstieg des Eispunktes statt einer Depression eingetreten ist, das positive Vorzeichen gesetzt ist. Im Text ist von einer solchen Bezeichnung abgesehen.

Man ersieht aus den Zahlen, daß die Depressionen für die kompensierten Thermometer durchweg kleiner sind als für die übrigen. Sie sind zwar in den drei Reihen für gleiche Temperaturen bei demselben Thermometer nicht immer gleich groß, aber jedenfalls für die beiden kompensierten Thermometer bis 200° so klein, daß sie für praktische Zwecke kaum noch in Betracht kommen. Darüber hinaus wachsen sie erheblich und erreichen bei 300° annähernd den Betrag für das Glas 16^{III}. Auffallend sind die positiven Vorzeichen einiger Werte bei den kompensierten Thermometern. Hierdurch wird ausgedrückt, daß die Eispunkte statt einer Depression einen Anstieg erfahren haben, die Thermometer also für diese Temperaturen überkompensiert sind, eine Erscheinung, die bei dem weiterhin in Tab. III aufgeführten Thermometer Nr. 99 mit $^1/_4$ Kompensation noch deutlicher hervortritt.

Sodann darf man aus den Zahlen der Tab. I schließen, daß die nach der Alterung des Thermometers im Jenaer Kühlofen bestimmten Depressionen bei den Thermometern Nr. 90 und 91, wenigstens in den Temperaturen bis 150°, kleiner sind als vor dieser Alterung. Ich habe diese Beobachtung auch anderweitig bestätigt gefunden, sodaß

---

[1]) *Diese Zeitschr.* ***11.*** *S. 330. 1891.*

also wahrscheinlich das Altern in genügend hohen Temperaturen nicht nur die von der Anfertigung der Thermometer herrührende Nachwirkung beseitigt, sondern auch die vorübergehende (zeitliche) Depression verkleinert.

Tabelle I.
Eispunktsdepressionen.

Temperatur-intervall	Nr. 90 (335^{III})	Nr. 91 (16^{III})	Nr. 92 (16^{III} mit $^1/_1$ Komp.)	Nr. 94 (16^{III} mit $^1/_{10}$ Komp.)
1. Reihe, 1900. Nach 1000-stündiger Erhitzung der Thermometer auf 300° und 144-stündiger, stufenweiser Abkühlung von 300° bis Zimmertemperatur und 30-tägigem Verweilen der Thermometer in Eis.				
0° bis 50°	— 0,150°	— 0,029°	— 0,005°	— 0,001°
0 „ 100	— 0,438	— 0,042	— 0,007	+ 0,002
0 „ 150	— 0,629	— 0,074	— 0,018	+ 0,003
0 „ 200	— 0,746	— 0,152	— 0,104	— 0,084
2. Reihe, 1902. Nach 2-jähriger Ruhe der Thermometer in Zimmertemperatur.				
18° bis 100°	— 0,429°	— 0,039°	— 0,006°	+ 0,008°
18 „ 200	— 0,550	— 0,042	+ 0,018	+ 0,029
18 „ 256	— 0,613	— 0,147	— 0,086	— 0,077
18 „ 298	— 0,683	— 0,223	— 0,214	— 0,199
3. Reihe, 1909. Nach Alterung der Thermometer im Kühlofen des Jenaer Glaswerks und 250-stündiger, stufenweiser Abkühlung von 300° bis Zimmertemperatur und 75-tägigem Verweilen der Thermometer in Eis.				
0° bis 50°	— 0,087°	— 0,012°	— 0,006°	— 0,005°
0 „ 100	— 0,292	— 0,028	— 0,008	— 0,003
0 „ 150	— 0,483	— 0,033	— 0,004	+ 0,007
0 „ 200	— 0,621	— 0,063	— 0,021	— 0,016
0 „ 250	— 0,686	— 0,133	— 0,089	— 0,083
0 „ 300	— 0,728	— 0,223	— 0,179	— 0,166

In der nun folgenden Tab. II ist das Verhältnis der Depressionen für die beiden Gläser 335^{III} und 16^{III} ($d_{335^{III}} : d_{16^{III}}$) aus den verschiedenen Reihen angegeben.

Tabelle II.
Verhältnis der Depressionen $d_{335^{III}} : d_{16^{III}}$.

Temperatur	*1. Reihe* (1900)	*2. Reihe* (1902)	*3. Reihe* (1909)
50°	5,2		7,2
100	10,4	11,0	10,4
150	8,5		14,7
200	4,9	13,1	9,9
250		4,2	5,2
300	.	3,1	3,3

Es zeigt sich, daß das Verhältnis der beiden Depressionen für die verschiedenen Temperaturen nicht konstant ist, sondern stark schwankt. Wenngleich die Werte für dieselben Temperaturen in den verschiedenen Reihen auch hier nicht immer miteinander übereinstimmen, so ist doch der in den Zahlenwerten auftretende Gang mit der Temperatur überall der gleiche. Man kann wohl sagen, daß die Werte von $d_{335^{III}} : d_{16^{III}}$ für Temperaturen bis 200° ungefähr zwischen 6 und 14 liegen, für Temperaturen über 200° aber etwa zwischen 3 und 6. Es ist also nicht möglich, mit einem

einzigen Kompensationsthermometer über das ganze Temperaturintervall bis 300° konstante Eispunkte zu erzielen, vielmehr muß je nach der Höhe der Temperatur das Kompensationsverhältnis verschieden sein. Hierin liegt eine gewisse Unbequemlichkeit in der Verwendung der Kompensationsthermometer, aber immerhin dürften sie trotzdem für manche Zwecke sehr brauchbar sein, solange man kein Glas zur Verfügung hat, das bei gleich guter Verarbeitungsfähigkeit wie die Glasarten 16^{III} und 59^{III} noch kleinere Depressionen[1]) als diese zeigt.

Es sei bemerkt, daß der Quotient der thermischen Nachwirkungen beider Gläser (d'/d) nicht unmittelbar das zugehörige Volumenverhältnis des mit Quecksilber gefüllten Teiles des Gefäßes zu dem eingeschmolzenen Glasstift (V/v) angibt. Vielmehr besteht unter der Annahme, daß der Eispunkt des Kompensationsthermometers nach Erwärmung auf t^0 unveränderten Stand zeigt, zwischen beiden Größen folgende Beziehung[2]):

$$\frac{V}{v} + 1 = \frac{d'}{d}.$$

Nach den Zahlen der Tab. II müßte demnach ein Thermometer mit $^1/_9$ bis $^1/_{10}$ Kompensation bei Erwärmung auf 100° und ein solches mit $^1/_4$ Kompensation bei Erwärmung auf 250° keine Eispunktsdepressionen zeigen. Dies trifft auch bezüglich des ersteren Thermometers zu, wie aus den Zahlen der Tab. I hervorgeht, bezüglich des zweiten Thermometers fehlt es an geeigneten Beobachtungen.

In der folgenden Tab. III sind für die vier Thermometer Nr. 95, 96, 98, 99, die seitens des Fabrikanten C. Richter gealtert worden sind, die Eispunktsdepressionen aufgeführt. Die Zahlen für das Thermometer aus Glas 335^{III} und für die kompensierten Thermometer stimmen gut mit denen in Tab. I überein; das Thermometer mit $^1/_4$ Kompensation zeigt aber ein ganz abweichendes Verhalten, indem es bei Erwärmung auf Temperaturen bis 150° statt einer Depression stets eine *Erhöhung* des Eispunktes gezeigt hat. Thermometer mit $^1/_4$ Kompensation sind also zweifellos für das Temperaturintervall bis 150° überkompensiert, für höhere Temperaturen aber, wie aus den Zahlen der Tab. II hervorzugehen scheint, brauchbar.

Tabelle III.
Eispunktsdepressionen, Oktober 1908.

Temperatur-intervall	Nr. 95 (335^{III})	Nr. 96 (16^{III} mit $^1/_{10}$ Komp.)	Nr. 98 (16^{III} mit $^1/_7$ Komp.)	Nr. 99 (16^{III} mit $^1/_4$ Komp.)
19° bis 50°	− 0,103°	− 0,006°	− 0,004°	+ 0,005°
19 „ 100	− 0,496	− 0,006	− 0,007	+ 0,043
19 „ 150	− 0,744	− 0,014	− 0,018	+ 0,071
19 „ 200	− 0,873	− 0,089		
19 „ 240	− 0,939	− 0,191		

[1]) Für ein hinreichend gealtertes Thermometer aus dem alkalifreien Glase 477^{III} (vgl. *diese Zeitschr.* **28.** *S. 293. 1908*) habe ich folgende sehr kleinen Depressionen des Eispunktes gefunden:

von 0° bis 50°	0,003°
„ 0 „ 100	0,010
„ 0 „ 150	0,015
„ 0 „ 200	0,017
„ 0 „ 250	0,020
„ 0 „ 300	0,024

Leider ist dieses Glas so spröde, daß es sich für Thermometer nicht eignet.

[2]) H. Hovestadt, Jenaer Glas und seine Verwendung in Wissenschaft und Technik. Jena 1900. *S. 326.*

2. Vergleichung der Thermometer mit den Haupt-Normalthermometern der Reichsanstalt.

Die vier Thermometer Nr. 95, 96, 98, 99 sind nach der Neumann-Thiesenschen Methode von 5° zu 5° kalibriert und in mehreren Reihen von 5° zu 5° mit den Haupt-Normalthermometern der Reichsanstalt verglichen worden, um die Reduktionen auf das Gasthermometer festzustellen.

Der Kaliberfehler, deren Verlauf recht regelmäßig ist, steigen bei den Thermometern Nr. 96 und 98 bis nahezu 0,5°, bei den beiden anderen nur bis etwa 0,25°.

Die Fundamentalpunkte sind nach jeder Vergleichsreihe für alle Thermometer mehrere Male bestimmt; die Mittel der Korrektionen für den Fundamentalabstand sind nachstehend für die einzelnen Reihen zusammengestellt:

Zeit	Nr. 95	Nr. 96	Nr. 98	Nr. 99
1. Reihe, Aug. 1898	— 0,002°	— 0,006°	—	—
2. „ Okt. 1901	0,000	— 0,003	—	—
3. „ Febr. 1902	+ 0,017	— 0,016	— 0,050°	— 0,025°
4. „ Apr. 1902	+ 0,007	— 0,001	— 0,045	— 0,019
5. „ Okt. 1903	+ 0,020	— 0,003	— 0,039	— 0,006

Da bei den Thermometern Nr. 98 und 99 ein klarer Gang in den Korrektionen hervortritt und auch bei Nr. 95 angedeutet ist, so sind die Zahlen nicht zu Mittelwerten vereinigt worden, sondern es ist für jede Vergleichsreihe die zugehörige Fundamentalpunktskorrektion benutzt worden.

Tabelle IV.
Reduktionen auf das Wasserstoffthermometer in 0,001°

Grad	beobachtet (Mittel)				16^{III} (Scheel)	beobachtet — berechnet			
	Nr. 95 (335^{III})	Nr. 96 (1/10 Komp.)	Nr. 98 (1/12 Komp.)	Nr. 99 (1/4 Komp.)		Nr. 95 (335^{III})	Nr. 96 (1/10 Komp.)	Nr. 98 (1/12 Komp.)	Nr. 99 (1/4 Komp.)
5	— 34	— 35	— 30	— 28	— 31	— 5,6	— 2,4	+ 0,5	+ 3,6
10	— 60	— 57	— 55	— 53	— 56	— 7,6	+ 2,2	+ 0,9	+ 4,6
15	— 75	— 83	— 81	— 77	— 77	— 2,5	— 1,4	— 3,5	+ 2,5
20	— 91	— 100	— 97	— 96	— 93	— 1,7	— 2,0	— 3,0	— 0,1
25	— 106	— 110	— 103	— 108	— 105	+ 0,2	+ 0,9	+ 4,2	+ 0,8
30	— 119	— 120	— 117	— 116	— 113	— 2,1	— 1,0	— 0,9	+ 1,1
35	— 126	— 113	— 120	— 122	— 118	+ 0,7	+ 9,5	+ 1,3	+ 1,5
40	— 135	— 126	— 124	— 127	— 120	— 2,3	— 2,1	— 0,3	— 4.0
45	— 135	— 122	— 121	— 122	— 119	— 0,1	— 0,1	+ 2,1	— 0,7
50	— 134	— 120	— 120	— 118	— 116	+ 1,2	— 3,1	— 0,2	— 0,8
55	— 128	— 113	— 115	— 113	— 110	+ 3,9	— 3,3	— 1,0	— 2,5
60	— 117	— 100	— 110	— 106	— 103	+ 10,9	+ 0,7	— 3,7	— 3,9
65	— 111	— 89	— 96	— 91	— 94	+ 6,4	+ 0,9	+ 0,6	+ 0,8
70	— 98	— 82	— 81	— 80	— 83	+ 8,2	— 4,5	+ 4,1	— 0,2
75	— 96	— 65	— 75	— 59	— 71	— 1,3	— 0,5	— 2,5	+ 8,0
80	— 87	— 51	— 57	— 53	— 58	— 6,2	+ 0,7	+ 2,3	+ 1,2
85	— 75	— 33	— 47	— 39	— 45	— 12,6	+ 4,7	— 2 4	+ 1,0
90	— 48	— 21	— 28	— 30	— 30	— 12,1	+ 4,0	+ 2,3	— 3,2
95	— 16	— 13	— 19	— 11	— 15	— 16,0	— 1,1	— 4,0	+ 1,9

Die Vergleichung der Thermometer mit den Hauptnormalen hat in ganz gleicher Weise stattgefunden, wie dies bei den Thermometern aus dem alkalifreien Glase 477^{III} beschrieben ist (*a. a. O. S. 294 u. 295*), auch die Berechnung ist in derselben Weise aus-

geführt. Die aus den einzelnen Reihen erhaltenen Reduktionen auf das Wasserstoffthermometer sind für die gleichen Temperaturen zu Mittelwerten vereinigt und in Tab. IV enthalten. Zur Vergleichung sind die von Scheel[1]) berechneten Reduktionen für Thermometer aus dem Jenaer Normal-Thermometerglas 16^{III} hinzugefügt und in den letzten vier Kolumnen die Abweichungen der beobachteten Werte für die vier Thermometer von den ausgeglichenen aufgeführt.

Die Ausgleichung erfolgte nach der Methode der kleinsten Quadrate nach der Formel

$$t_H - t = \alpha (100 - t) t - \beta (100 - t)^2 t,$$

worin t_H die Temperatur des Wasserstoffthermometers und t diejenige des Quecksilberthermometers bedeutet.

Für die Koeffizienten α und β haben sich nachstehende Werte ergeben, denen noch diejenigen für Glas 16^{III} beigefügt sind. Letztere sind durch Umrechnung aus der viergliedrigen Scheelschen Reduktionsformel abgeleitet worden.

Glasart	Bezeichnung	$\alpha \cdot 10^3$	$\beta \cdot 10^3$
335^{III}	Nr. 95	— 0,0501	— 0,000079
16^{III} mit $^1/_{12}$ Komp.	„ 96	— 0,0296	— 0,000366
16^{III} „ $^1/_{10}$ „	„ 98	— 0,0224	— 0,000488
16^{III} „ $^1/_4$ „	„ 99	— 0,0249	— 0,000439
16^{III}	—	— 0,0288	— 0,000368

Die Koeffizienten für die kompensierten Thermometer stimmen sehr nahe mit denen für die Thermometer aus Glas 16^{III} überein, was erklärlich ist, da die ersteren ja in der Hauptsache aus dem Glase 16^{III} bestehen und die eingeschmolzenen Stifte aus dem Kompensationsglas nur Bruchteile des Gefäßvolumens ausmachen. Eine theoretische Ableitung der Abweichungen der Kompensationsthermometer vom Gasthermometer auf Grund der Theorie des Quecksilberthermometers[2]) würde zu sehr komplizierten Formeln führen und setzte auch die genaue Kenntnis des Ganges der Ausdehnung für die beiden Glasarten voraus, was bis jetzt nur für Glas 16^{III} zutrifft, während bei dem Kompensationsglas nur der mittlere Ausdehnungskoeffizient zwischen 0° und 100° bekannt ist. Nach einer von dem ständigen Mitarbeiter bei der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt, Hrn. Dr. F. Hoffmann, ausgeführten dilatometrischen Bestimmung beträgt der mittlere Ausdehnungskoeffizient für das Glas 335^{III} zwischen 0° und 100° 0,00002337, ist also nur wenig kleiner als derjenige für Glas 16^{III}, der nach den Bestimmungen von Thiesen, Scheel u. Sell[3]) 0,00002422 beträgt. Die nahe Übereinstimmung der beiden Ausdehnungskoeffizienten ist eine Vorbedingung für die Verwendung des Glases 335^{III} als Kompensationsglas in Verbindung mit Glas 16^{III}, da nur hierdurch das Zusammenschmelzen der beiden Glassorten ermöglicht wird, ohne daß ein nachträgliches Springen des Glases an der Schmelzstelle eintritt.

Die Reduktionswerte für das Thermometer aus dem Kompensationsglas 335^{III} weichen gleichfalls nicht sehr erheblich von denen für Glas 16^{III} ab; die größte Abweichung zwischen beiden Gläsern findet zwischen 50° und 55° statt und beläuft sich auf 0,018°.

1) K. Scheel, *Wied. Ann.* **58.** *S. 168. 1896.*

2) M. Thiesen, Vergleichungen von Quecksilberthermometern. Metronom. Beiträge Nr. 3. Berlin 1881. *S. 2.*

3) *Diese Zeitschr.* **16.** *S. 49. 1896.*

Die Reduktionen für Glas 335^{III} haben, nebenbei bemerkt, nahezu die gleiche Größe und den gleichen Verlauf wie diejenigen, die Grützmacher[1]) für Thermometer aus dem Jenaer Glas 20^{III} gefunden hat. Dieses Glas hat auch ziemlich die gleich große Depression für 100° gezeigt und ähnelt in der chemischen Zusammensetzung dem Kompensationsglas. Es hat wie dieses etwa 67% Kieselsäure, und das Verhältnis beider Alkalien ($K_2O : Na_2O$) ist bei beiden Glasarten ungefähr 1.

Schließlich mögen hier noch die bei den vorstehend beschriebenen Vergleichungen für das Temperaturintervall 0° bis 100° beobachteten Eispunktsdepressionen besprochen werden. Möglichst nach jeder Vergleichung der Thermometer wurden ihre Eispunkte bestimmt, sodaß man bei jeder Vergleichung die zu allen zwischen 0° und 100° beobachteten Temperaturen zugehörigen Depressionen der Eispunkte ermitteln konnte. Wo in einzelnen Fällen von einer Eispunktsbestimmung Abstand genommen worden war, ist zur Berechnung der Depression der aus den benachbarten Eispunktsbestimmungen interpolierte Wert zugrunde gelegt worden.

Die zu Mittelwerten vereinigten Depressionen zwischen 0° und 100° sind in Tab. V zusammengestellt.

Tabelle V.

Depressionen des Eispunktes im Mittel aus allen Vergleichsreihen in 0,001°.

Grad	Nr. 95 (335^{III})	Nr. 98 (1/12 Komp.)	Nr. 96 (1/10 Komp.)	Nr. 99 (1/4 Komp.)
5	0	0	0	0
10	− 1	0	− 1	− 2
15	− 2	− 1	− 2	− 2
20	− 4	0	− 1	− 3
25	− 14	− 1	− 1	− 4
30	− 25	− 4	− 2	− 3
35	− 47	− 7	− 5	− 4
40	− 61	− 7	− 5	− 3
45	− 84	− 6	− 5	− 1
50	− 108	− 8	− 5	+ 1
55	− 138	− 11	− 5	+ 3
60	− 165	− 11	− 5	+ 5
65	− 198	− 11	− 5	+ 10
70	− 235	− 11	− 5	+ 14
75	− 274	− 11	− 5	+ 19
80	− 318	− 12	− 5	+ 23
85	− 341	− 12	− 4	+ 24
90	− 376	− 13	− 2	+ 27
95	− 382	− 9	− 6	+ 32
100	− 431	− 11	− 6	+ 34

Die Zahlen für 50° und 100° stehen in guter Übereinstimmung mit den in den Tab. I und III für diese Temperaturen aufgeführten, und die Reihen lassen mit Ausnahme einiger weniger Punkte einen regelmäßigen Verlauf erkennen. Hier tritt nun noch deutlicher als in Tab. I und III hervor, daß die Thermometer mit 1/12 und 1/10 Kompensation bezüglich der Eispunktsänderungen noch nicht völlig ausreichend kompensiert sind, während das Thermometer Nr. 99 mit 1/4 Kompensation bereits er-

[1]) F. Grützmacher, Untersuchung von Thermometern aus älteren Glassorten. *Wissensch. Abhandl. d. Phys.-Techn. Reichsanstalt* **3.** *S. 264 u. 265. 1900.* — Vgl. auch die Zusammenstellung der Reduktionen auf das Wasserstoffthermometer für Thermometer aus verschiedenen Glassorten bei Schloesser, Thermometrische Untersuchungen. *Diese Zeitschr.* **21.** *S. 295 u. 296. 1901.*

heblich überkompensiert ist. In der Tat scheint die Annahme W. Hoffmanns, daß die größte Konstanz des Eispunktes wenigstens zwischen 0° und 100° einem Kompensationsverhältnis zwischen $^1/_{10}$ und $^1/_8$ entspricht, zutreffend zu sein. Ein derartiges Thermometer zeigt in dem ganzen Intervall zwischen 0° und 100° für jede Temperatur jedenfalls innerhalb weniger als ± 0,003° den gleichen Eispunkt. Es bietet also den Vorteil, daß es nach jeder Temperaturmessung sofort wieder zu einer andern, höhern oder niederen, Temperaturbestimmung benutzt werden kann, ohne daß es nötig wäre, die Eispunkte zu bestimmen. Da bei genügender Alterung eines Thermometers auch die dauernden Eispunktsänderungen ausgeschlossen sind, so hat man in einem solchen Instrument tatsächlich ein Thermometer mit unveränderlichem Eispunkt, was für den Gebrauch äußerst bequem ist.

Um auch für andere Temperaturintervalle unveränderliche Thermometer zu haben, müßten andere passende Kompensationsverhältnisse gewählt werden, was besonders bei den Siedethermometern für Höhenbestimmungen, den Beckmannschen Thermometern sowie bei den Anschützschen und Allihnschen Satzthermometern in Frage kommen könnte, die hierdurch an Genauigkeit beim Gebrauch gewinnen würden.

Eine weitere Verwendung könnten die Kompensationsthermometer für ärztliche Zwecke finden, indem solche ärztlichen Maximumthermometer, die mit Erweiterung und Siedepunkt versehen sind, im heißen Dampfstrahl sterilisiert werden könnten, ohne daß dadurch eine Änderung ihrer Angaben in den Gebrauchstemperaturen hervorgerufen wird.

Referate.

Das Stampfersche Scheiben-Polarplanimeter.

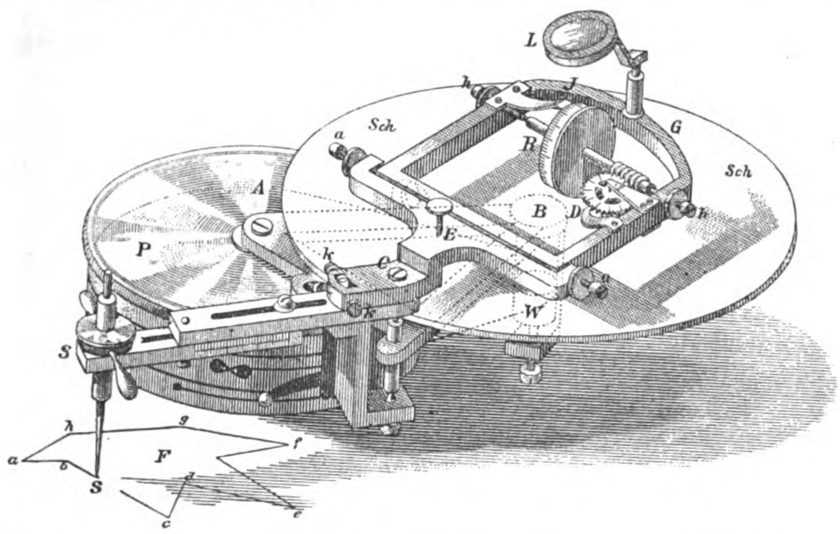
Von E. Doležal. *Sitzungsber. d. Wiener Akad.* ***118,** IIa. S. 1543. 1909.*

Der Verf. hat seinen dankenswerten historisch-kritischen Planimeterstudien hier einen sehr interessanten Beitrag zugefügt.

Simon Stampfer hat im Jahr 1849 der Wiener Akademie einen Bericht über die Erfindung des Linearplanimeters von Wetli und eine Theorie dieses Instruments vorgelegt und 6 Jahre später das Miller (von Hauenfels)sche Polarplanimeter dadurch lebensfähig gemacht, daß er vorschlug, die Integrierrolle auf die Ebene der zu messenden Fläche zu setzen, womit das Miller-Starkesche Polarplanimeter entstand (vgl. die Ref. in *dieser Zeitschr.* ***27.** S. 375. 1907;* ***28.** S. 79. 1908*). Stampfer suchte, nachdem inzwischen auch das etwas vor dem Millerschen entstandene Polarplanimeter von Amsler bekannt geworden war, die Genauigkeit des Polarplanimeters zu erhöhen, indem er die Integrierrolle auf einer mit Papier überzogenen Glasscheibe sich abwickeln ließ. Sein neues Instrument ist nur in *einem* Exemplar vorhanden, 1861 in der mechanischen Werkstatt des frühern Polytechnischen Instituts gebaut, und bisher in der Literatur nur gelegentlich flüchtig erwähnt, so von Schell in seiner Theorie des Polarplanimeters (1868), von Tinter in seinem Aufsatz über die Hohmann-(Coradi-)schen Präzisions-Polarplanimeter (1882), von F. Klein in seinem Aufsatz über Scheibenplanimeter (1884). Bekanntlich hat auch Amsler ein Scheibenplanimeter konstruiert.

An der Hand der beistehend wiedergegebnen Figur liefert der Verf. eine kurze Beschreibung des Stampferschen Instrumentes: der Pol P ist durch einen Metallzylinder gebildet, um dessen Achse A sich das aus Metallschienen gebildete unveränderliche Dreieck ABC drehen kann. In der Ecke B dieses Dreiecks ist eine zu A parallele Welle W gelagert; auf ihr sitzt die schon genannte Glasscheibe *Sch*. Um den Zylinder P und die Welle W ist ein Draht geschlungen, durch den die Scheibe in Rotation versetzt wird, wenn

das Dreieck ABC um A gedreht wird. Im dritten Eckpunkt C des Dreiecks ist ebenfalls eine zu A und W parallele Achse angebracht, um die sich der vorn den Fahrstift S tragende Arm dreht. Mit dem Arm kS fest verbunden, aber in der Richtung etwas dagegen geknickt ist die Gabel E, in der vorn, im Bügel G, die Welle hh der Integrierrolle R sitzt (Berührungspunkt des Rollenrandes R mit der Scheibe ist D). Die Stellung des Index J wird mit der Lupe L abgelesen. Die Drehung des Arms SCE um C dreht die Rolle R nicht; nur eine Drehung des ganzen Dreiecks ABC um A, wodurch die Scheibe in Rotation versetzt wird, ruft eine Drehung der Rolle hervor.



Der Verf. entwickelt in einfacher Weise eine Theorie des Instruments, die zu folgendem Ergebnis führt:

für *Pol außerhalb* der zu bestimmenden und mit dem Fahrstift S zu umschreibenden Figur wird

$$F = k \cdot n ; \qquad 1)$$

für *Pol innerhalb* der zu bestimmenden und mit dem Fahrstift S umschriebenen Figur dagegen wird

$$F = k \cdot n + K , \qquad 2)$$

also genau wie beim gewöhnlichen Polarplanimeter. In den Gleichungen 1) und 2) bedeutet n die Anzahl der Umdrehungen der Integrierrolle (Ganze und Teile); ferner haben die Konstanten k und K folgende Werte: es seien die Strecken

$\overline{SC} = a =$ Fahrarm (Stange),
$\overline{CD} = b =$ Rollenarm,
$\overline{AC} = c =$ Polarm,
$\overline{BC} = d =$ Wellenarm,

ferner r der Halbmesser der Integrierrolle, r_1 und r_2 die Halbmesser des Polzylinders P und der Welle W, je einschließlich der halben Dicke des um beide geschlungenen Drahtes, so ist

$$k = 2\pi \cdot \frac{ac}{d} \cdot \frac{r r_2}{r_1} \qquad 3)$$

in Gl. 1) und 2) und

$$K = \pi (a^2 + c^2) \qquad 4)$$

in Gl. 2). Die „Additionskonstante“ K im zweiten Fall, Pol innerhalb der Figur, ist also gleich der Fläche des Kreises, den der Fahrstift S bei Drehung um den Pol beschreiben würde, wenn Rollen- und Wellenarm zusammenfielen und die Rollenebene durch die Achse von W ginge.

Die dabei gemachte Annahme, daß die Ebene der Integrierrolle durch den Drehungspunkt C gehe, daß also die Welle hh der Rolle senkrecht zu CD stehe, ist nicht notwendig, der Winkel zwischen der Rollenebene und der Richtung DC kann vielmehr einen beliebigen konstanten Wert ψ haben. An der Gl. 1) für Pol außerhalb ändert sich damit nichts, ebensowenig an der Form für den Fall Pol innerhalb; nur der Wert von K in Gl. 2) ist nicht mehr durch Gl. 4), sondern durch

$$K = \pi \left(a^2 + c^2 + \frac{2abc}{d} \sin \psi\right) \qquad 5)$$

gegeben. Während also für Gl. 4) die Abmessungen b und d gleichgültig waren, treten sie in Gl. 5) nun ebenfalls im Wert der Additionskonstanten auf. K ist in diesem allgemeineren Fall die Fläche eines Kreises, den der Fahrstift S bei der Drehung um den Pol beschreibt, wenn die Armverbindung SCD so gestellt wird, daß die Rollenebene durch B geht.

Nach Bemerkungen über die Genauigkeit der Flächenbestimmung mit dem Instrument (wobei aber nicht auf Messungsversuche mit beliebigen Flächen eingegangen wird) bespricht der Verf. noch sehr ausführlich die Bestimmung der Konstanten der Gleichungen 1) bis 5); es ergaben sich sehr kleine mittlere Fehler.

Sicher hat das interessante Stampfersche Scheibenplanimeter, das jetzt beinahe ein halbes Jahrhundert alt ist, diese eingehende Behandlung verdient. *Hammer.*

Die „Analytische Maschine" von Babbage.

Von Generalmajor H. P. Babbage. *Monthly Notices of the Roy. Astron. Soc.* **70.** *S. 517. 1910.*

Viele werden gleich dem Ref. durch eine neue Mitteilung über die analytische Maschine von Babbage, die man endgültig im *South Kensington Museum* begraben wähnte, sehr überrascht werden und lebhaft bedauern, daß die Mitteilung so knapp ausgefallen ist, ohne irgendwelches Eingehen auf die Einrichtung und ihre Verbesserung: nur die von Babbage so genannte „Mühle" und die den *Druck* besorgenden Teile werden in einer Abbildung vorgeführt ohne nähere Beschreibung. Trotzdem glaube ich, sogleich auf den kurzen Artikel aufmerksam machen zu müssen. Der Verf. ist Babbages jüngster Sohn. Charles Babbage († 1871) hat seine erste arithmetische Maschine, die „*Differenzenmaschine*", 1822 zu bauen begonnen, und 20 Jahre später ist ihre Herstellung durch die englische Regierung nach großen Aufwendungen aufgegeben worden, voreilig, wie der Verf. glaubt, der 10000 M. für ihre Fertigstellung damals für ausreichend gehalten hätte. Die zweite Maschine, die „*Analytical Engine*", wurde bereits 1833 begonnen, aber erst wenige Jahre vor seinem Tod konnte Babbage sen. die „Mühle" in Metall ausführen. Der Verf. suchte das Werk nach den Instruktionen zu vervollständigen, die sein Vater den Mechanikern gegeben hatte, mußte aber nach Indien zurückkehren und konnte erst 1874, nachdem er den indischen Dienst verlassen hatte, die Arbeit wieder aufnehmen. Da er die Sache zu kostspielig fand, gab er sie 1879 auf; nur die „Mühle" für sich allein, nicht als Teil der großen „Analytischen Maschine" seines Vaters, wollte er beendigen. 1888 war er so weit, daß er z. B. von seiner Maschine eine Tabelle der Vielfachen von π bis zur 44-sten mit 29 Dezimalstellen drucken lassen konnte und sie hätte beliebig weit fortsetzen können; aber die Maschine hatte noch einen Fehler, der sich in einer falschen Ziffer für $32\,\pi$ kundtat. Der Verf. wurde ganz entmutigt und gab 1896 die Fortarbeit an der Maschine auf; 10 Jahre später aber kehrte er zu der Lebensarbeit seines Vaters und der seinigen abermals zurück und fand und verbesserte den Fehler. Die auf der nun von R. W. Munro in Tottenham ausgeführten Maschine berechneten und gedruckten Rechnungen, die auf der Beispiel-Tafel des Verf. nach Zinkographie des Originals mitgeteilt sind, sind folgende: von 10^{28} wird 1 abgezogen, wonach 0 mit 28 folgenden 9 erscheint; durch Wiederaddition von 1 wird wieder 10^{28} hergestellt; die 23 ersten Vielfachen von π mit 28 gehenden Ziffern sind von der Maschine ohne Fehler gerechnet und gedruckt.

Hoffentlich gibt der Verf. bald irgendwo eine genaue *Beschreibung* der Maschine in ihrem jetzigen Zustand mit Abbildungen. *Hammer.*

Messung sehr kleiner Druckdifferenzen.

Von A. Lafay. *Compt. rend.* **149.** *S. 1115. 1909.*

Der angegebene Apparat hat einige Ähnlichkeit mit dem von Scheel und Heuse in *dieser Zeitschr.* **29.** *S. 14. 1909* beschriebenen. Wie dort werden auch hier die beiden Räume, deren Druckdifferenzen gemessen werden sollen, durch eine dünne Membran voneinander getrennt. Die Durchbiegung dieser Membran unter der Wirkung eines einseitigen Überdrucks wird ebenfalls durch die Verschiebung von Interferenzstreifen erkannt, welche zwischen einer festen Glasfläche und der Oberfläche der Membran erzeugt werden. Neu ist der Gedanke, die Verschiebung der Streifen nicht zur Messung, sondern nur als Indikator für einen Überdruck zu benutzen. Das Manometer soll nämlich als Nullinstrument benutzt werden, indem zwischen der horizontalen Membran und dem Boden des als niedrige Dose ausgebildeten Apparates, die hierzu elektrisch voneinander isoliert sein müssen, eine elektrostatische Potentialdifferenz von passender Größe erzeugt wird, welche die Membran wieder in ihre ursprüngliche Lage zurückbringt. Aus der Größe der hierzu nötigen Potentialdifferenz soll die Größe des einseitigen Überdrucks abgeleitet werden.

Messungen mit dem Apparat werden nicht angegeben. Ref. bezweifelt auch, daß mit demselben schon Messungen kleiner Druckdifferenzen ausgeführt sind, noch jemals ausgeführt werden können. Die Membran soll nämlich in der Weise hergestellt werden, daß eine Glasplatte zunächst versilbert, dann nach Übergießen der Platte mit Kollodium der Silberüberzug zugleich mit der erstarrten Kollodiumschicht abgehoben wird. Eine solche Silberhaut vermag aber nach den Erfahrungen des Ref. zwei Räume gegen einander niemals gasdicht abzuschließen. *Schl.*

Über absolute Messung hoher Drucke mit dem Amagatschen Manometer.

Von P. P. Koch und E. Wagner. *Ann. d. Physik* **31.** *S. 31. 1910.*

In einer früheren Arbeit[1]) hatte der eine der Verf. eine Methode zur Bestimmung des Reduktionsfaktors des Amagatschen Manometers angegeben, die er als „Gewichtsmethode" bezeichnete, und nach der er den Reduktionsfaktor des im Physikalischen Institut der Universität München vorhandenen Amagatschen Manometers bestimmte. Den von ihm erhaltenen Wert hatte der andere der Verf. in einer Arbeit „Über das Verhältnis der spezifischen Wärmen c_p/c_v in Luft als Funktion des Druckes bei den Temperaturen 0° und — 79,3° C."[2]) zugrunde gelegt. In der vorliegenden Arbeit prüfen die Verf. den Reduktionsfaktor des von ihnen benutzten Amagatschen Manometers nach, und zwar nach einer direkten Methode, indem sie die beiden beim Gebrauche des Instrumentes wirksamen Drucke (den zu bestimmenden hohen und den durch die Kolbenübertragung reduzierten niedrigen Druck) *zugleich* direkt in Quecksilberhöhen messen. Außerdem wird auch die „Gewichtsmethode" mit größtmöglicher Präzision wiederholt, um einen unmittelbaren Vergleich zwischen beiden Methoden zu erhalten.

Das Quecksilbermanometer für die Messung der hohen Drucke, das nicht nach dem Prinzip des verkürzten offenen Quecksilbermanometers[3]) konstruiert ist, sondern aus einer einzigen hohen Quecksilbersäule besteht, ist in dem 25 *m* hohen Institutsturm aufgestellt, der sich nach Angabe der Verf. durch Geringfügigkeit der Temperaturschwankung mit der Höhe und große zeitliche Temperaturkonstanz auszeichnet. Zur Erzeugung des hohen Druckes wurde an Stelle einer hydraulischen Presse komprimiertes Gas (in der Regel Kohlensäure) verwendet, das gleichzeitig zur Übertragung des Druckes diente, was den Vorteil gewährte, daß die Korrektionen wegen der hydrostatischen Drucke der druckübermittelnden Flüssigkeiten nicht berücksichtigt zu werden brauchten. Der Druck wurde durch

[1]) E. Wagner, *Ann. d. Physik* **15.** *S. 906. 1904*; vgl. auch das Referat in *dieser Zeitschr.* **25.** *S. 349. 1905.*

[2]) P. P. Koch, *Ann. d. Physik* **27.** *S. 311. 1908.*

[3]) Vgl. z. B. Wiebe, *diese Zeitschr.* **30.** *S. 205. 1910.*

Kapillaren gleichzeitig dem Amagat-Manometer und dem teilweise mit Quecksilber gefüllten Druckgefäß (Quecksilberreservoir) zugeführt, an das das hohe Quecksilbersteigrohr angesetzt ist. Das letztere ist aus mehreren 2 bis 3 *m* langen Mannesmannröhren von 5,2 *mm* innerem Durchmesser und 0,5 *mm* Wandstärke zusammengesetzt, die durch Stahlmuttern verbunden und mittels Siegellacks gedichtet sind. Zur Beobachtung des Quecksilberstandes sind vier mit 1 bis 4 bezeichnete Stationen vorhanden, deren erste zu ebener Erde liegt; an jeder Station ist ein 30 *cm* langes gläsernes Quecksilberstandglas parallel zu dem Stahlrohr angebracht, mit dem es unter Einschaltung eines Hahnes durch ein massives Stahlstück verbunden ist. Es können also mit dem Instrument nicht beliebige Drucke bis 25 *m* Quecksilberhöhe, sondern nur vier wesentlich voneinander verschiedene Drucke gemessen werden, was jedoch für den vorliegenden Zweck völlig ausreichte. An den vier Stationen sind zur Ablesung der Druckhöhe kleine Messingmaßstäbe an einem Invardraht befestigt, der unten mit dem Quecksilberreservoir verbunden ist und unter konstanter Spannung gehalten wird. Die Entfernung der Nullpunkte der einzelnen Messingskalen wurde mit einem unter konstanter Spannung gehaltenen Stahlbandmaß unter Berücksichtigung der Temperaturkorrektionen gemessen. Der Abstand des Nullpunktes der untersten Skale von der Quecksilberoberfläche im unteren Reservoir dagegen wurde für die vier Stationen mittels eines kleinen Quecksilberhülfsmanometers bestimmt, das an die Druckleitung angeschlossen werden konnte. Dabei wurde das in das Steigrohr gedrückte Quecksilber durch einen bei Station 1 in das Steigrohr eingefügten Hahn abgeschlossen und der Gasdruck erniedrigt, bis das Quecksilber in dem Standrohr der Station 1 einspielte, worauf zur Ermittlung der gesuchten Größe gleichzeitig die Stellung der Quecksilberkuppe in Station 1 und das Hülfsmanometer abgelesen wurde. Die Temperaturmessung der Quecksilbersäule, zu der von anderer Seite[1]) ein an dem Steigrohr angebrachter Widerstandsdraht verwendet wird, erfolgte durch frei aufgehängte Quecksilberthermometer, wobei sich die Verf. allerdings durch besondere Versuche davon überzeugten, daß die Anzeige der Thermometer von Strahlung nicht beeinflußt war.

Das Amagat-Manometer wurde in der früher von Wagner *a. a. O.* geschilderten Weise aufgestellt und gehandhabt; nur wurde zur Erhöhung der Genauigkeit ein weiteres Steigrohr (von 11 *mm* Durchmesser) verwendet. Bei den Messungen waren stets gleichzeitig drei Beobachter tätig, von denen der eine die Quecksilbersäule des Amagat-Manometers an einem Kathetometer ablas, während der zweite die Kolben rotierte, durch Regulieren des Rizinusölreservoirs den großen Kolben auf konstantem Niveau erhielt und das Steigrohr durch leichtes Klopfen erschütterte, um den Einfluß von Kapillarkräften zu vermeiden. Der dritte besorgte die Ablesung der hohen Quecksilbersäule. Bei jeder Messung fanden etwa 5 bis 6 Einzelablesungen statt. Es wurden zwei Beobachtungsreihen (im Oktober-November 1908 und Mai 1909) bei Temperaturen von etwa 14° bis 5° C. gemacht.

Das Endergebnis der Messungen ist folgendes: Aus der ersten Reihe ergibt sich für das Übertragungsverhältnis des Amagat-Manometers der Wert 61,42, aus der zweiten Reihe der Wert 61,44; die Abweichung der einzelnen durch Messungen an den verschiedenen Stationen erhaltenen Werte von dem Gesamtmittel 61,43 beträgt etwa $\pm$ 0,02 oder $\pm$ 0,33 Promille, ohne daß sich eine systematische Abhängigkeit von der Säulenhöhe zeigte.

Der früher von Wagner nach der „Gewichtsmethode" erhaltene und von Koch in der oben erwähnten Arbeit verwendete Wert war 61,45, sodaß die Grundlage der letzteren Arbeit als sichergestellt erscheint, falls der bei 30 Atm. ermittelte Reduktionsfaktor auch noch bei 200 Atm. innerhalb der sonstigen Versuchsfehler gültig ist.

Trotz der guten Übereinstimmung der nach den beiden Methoden erhaltenen Werte wurde von den Verf., wie eingangs gesagt ist, die „Gewichtsmethode" zur Kontrolle wiederholt. Bezüglich der Einzelheiten derselben wird auf die oben zitierte Arbeit Wagners verwiesen. Im Gegensatz zu früher wurde aber jetzt gleichzeitig von zwei Beobachtern das Einspielen des Quecksilbers beobachtet und die Kolben in Rotation erhalten. Hierauf führen die Verf. das Resultat ihrer jetzigen Messungen zurück, die für den größeren Kolben einen

[1]) L. Holborn und F. Henning, *Ann. d. Physik* **26.** *S. 833. 1908.*

um 1,2 Promille kleineren Querschnitt als den früher erhaltenen ergeben, während der für den kleinen Kolben gefundene Querschnitt um 0,6 Promille größer als der frühere Wert ist, sodaß sich für das Übertragungsverhältnis ein um 1,8 Promille kleinerer Wert als früher, nämlich 61,34 ± 0,01, ergibt.

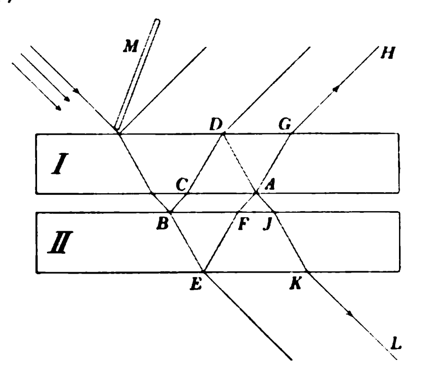
Die Frage, wie es zu erklären ist, daß der vorstehende Wert um 0,09 oder 1,5 Promille von dem nach der direkten Methode erhaltenen Wert 61,43 ± 0,02 abweicht, wird von den Verf. offen gelassen. Sie bemerken nur, daß mangelhafte Koaxialität des kleinen und großen Kolbens nicht der Grund für die Abweichung ist, da der Winkel zwischen den Achsen der Kolben, wie durch besondere Versuche festgestellt wurde, nur 43′ beträgt.

Die Verf. schließen hieraus, daß das Amagat-Manometer für einwandfreie absolute Druckmessung einer direkten Eichung mit hohen Quecksilbersäulen bedarf, während die Eichung nach der „Gewichtsmethode" nur für Genauigkeitsansprüche bis zu 1,5 Promille ausreichend ist. *Mfsr.*

Interferenzfransen an keilförmigen Glasplatten und Anwendung auf die Prüfung von Spiegelglas.

Von S. R. Milner. *Phil. Mag.* **16.** *S. 429. 1908.*

Diese Interferenzfransen hat der Verf. auf folgende Weise beobachtet. Auf zwei aufeinander gelegte, schwach keilförmige, einander ziemlich gleich dicke Glasplatten *I* und *II* fällt, wie aus der nebenstehenden Figur ersichtlich ist, unter einem Winkel von etwa 45° Natriumlicht auf. Blickt man dann, sei es in Richtung des reflektierten Lichtes oder aber in Richtung des hindurchgegangenen Lichtes, in die Gegend von *A*, so erscheinen deutlich wahrnehmbare Interferenzfransen, welche folgendermaßen zustande kommen. Im reflektierten Lichte interferiert der Strahl *BCDA* mit dem Strahl *BEFA* und beide gehen weiter in Richtung *AGH*, im durchgehenden Lichte interferieren dieselben Strahlen und pflanzen sich in Richtung *AJKL* fort. Sind die beiden Dicken der Platten sehr nahe einander gleich, so sind die Interferenzstreifen auch im weißen Lichte sichtbar.



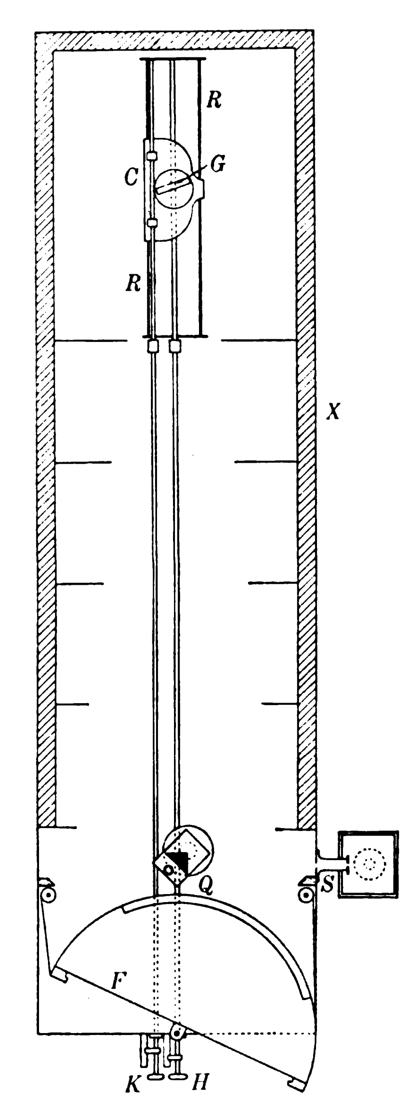
Sollen die Streifen deutlich zu erkennen sein, so darf nach *GH* kein direkt von der zwischen den Platten gelegenen Luftschicht reflektiertes Licht gelangen und ähnlich nach *KL* kein direkt durch die Luftschicht hindurchgegangenes Licht. Dies ist leicht zu erreichen, indem man das einfallende Strahlenbündel durch Einfügen eines Papierblattes *M* seitlich begrenzt.

Der Verf. erwähnt zwar, daß diese Interferenzerscheinung ähnlich zustande kommt wie die im Jaminschen Interferenzrefraktor; der Ref. ist aber der Ansicht, daß des Verf. Interferenzfransen einfach als Brewstersche Streifen zu bezeichnen sind. Denn es macht doch wohl keinen wesentlichen Unterschied aus, ob man wie Brewster nahezu planparallele Platten und eine keilförmige Luftschicht oder wie der Verf. Keilplatten und eine nahezu parallele Luftschicht benutzt.

In der Arbeit werden weiter die Eigenschaften dieser Streifen zumal in ihrer Abhängigkeit von der gegenseitigen Lage der beiden Keilplatten besprochen und darauf eine Methode begründet, an Spiegelglasplatten die bezüglich Gleichförmigkeit in der Dicke besten Stellen herauszusuchen und ihre Keilwinkel zu ermitteln. Diese Prüfungsmethode bedarf allerdings keiner besonderen Hülfsmittel, sie gibt dafür aber auch nur recht rohe Resultate. Viel schneller zum Ziele führen die alten bekannten Untersuchungsmethoden. Sehr gut und rasch lassen sich derartige Prüfungen von Glasplatten und zwar mit großer Genauigkeit ausführen, wenn man die Methode mit dem Interferenzapparat nach E. Brodhun und O. Schönrock (*diese Zeitschr.* **22.** *S. 355. 1902*) benutzt; hierbei braucht man zumeist nur die einfachen Fizeauschen Streifen zu beobachten. *Schck.*

Neue Montierung für Konkavgitter.

Von A. Eagle. *Astrophys. Journ.* ***31.*** *S. 120. 1910.*



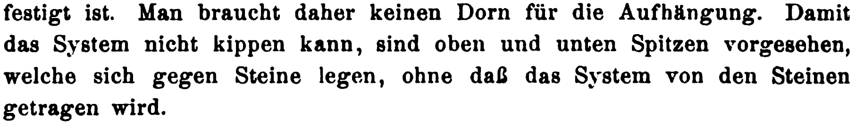
Die bisher benutzten Aufstellungen großer Rowlandscher Gitter sind meist sehr umfangreich und kostspielig. Der Verf. gibt eine interessante, neue Art der Aufstellung an, welche sich vor allem durch geringe räumliche Ausdehnung, Stabilität, Temperaturkonstanz und verhältnismäßig niedrigen Preis auszeichnet. Nebenstehende Figur kennzeichnet den Grundriß der Gittermontierung. *G* ist das auf einem Schlitten *C* befindliche Konkavgitter; der Schlitten ist auf Schienen *R* beweglich; die Bewegung und Justierung des Gitters geschieht vom Platze des Beobachters aus durch Schrauben *K* und *H*. *Q* ist ein rechtwinkliges Quarzprisma, das von der hinter dem Spaltrohr *S* aufgestellten Lichtquelle beleuchtet wird und seinerseits das Licht auf das Gitter *G* fallen läßt. Es entstehen dann auf der photographischen Platte *F*, die in einer drehbaren Kassette ruht, die Beugungsspektren des beleuchteten Spaltes *S*. Ein das Ganze umgebender Kasten *X* bewirkt außerordentliche Konstanz der Temperatur, und man kann im unverdunkelten Zimmer mit dem Apparat arbeiten; eine Reihe von Diaphragmen verhindert, daß falsches Licht vom Innern der Kastenwand die photographische Platte verschleiert. Der Verf. zeigt durch Versuche, daß man mit dieser Anordnung stundenlange Expositionen mit aller Schärfe der Linien durchführen kann.

Die Nachteile der neuen Anordnung gegenüber den bisherigen führt der Verf. mit dankenswerter Offenheit an; hier ist in erster Linie zu erwähnen, daß das Instrument bei einer Drehung des Gitters nicht fokussiert bleibt; man muß also nach jeder Änderung des Einfallswinkels neu justieren. *Gehrcke.*

Neues Drehspul-Zeigergalvanometer.

Von M. Mohs. *Physikal. Zeitschr.* ***11.*** *S. 55. 1910.*

Die Drehspule des Galvanometers von Mohs ist an einem Metallfaden oder Band *d* aufgehängt, das nicht, wie sonst üblich, am oberen, sondern am unteren Ende der Spule befestigt ist. Man braucht daher keinen Dorn für die Aufhängung. Damit das System nicht kippen kann, sind oben und unten Spitzen vorgesehen, welche sich gegen Steine legen, ohne daß das System von den Steinen getragen wird.



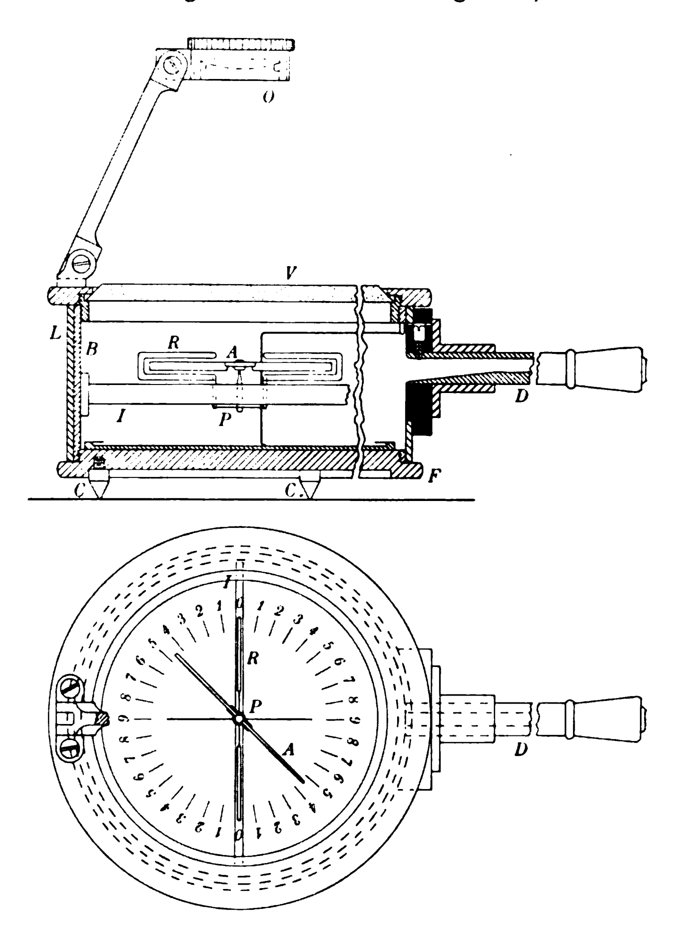
Der Klemmenwiderstand beträgt 3 Ohm, die Schwingungsdauer 3,4 Sekunden. Der aperiodische Grenzfall wird bei einem außen vorgeschalteten Widerstand von 9 Ohm erreicht. Ein Ausschlag von einem Bogengrad wird von $2{,}6 \cdot 10^{-6}$ Amp. hervorgebracht. Die zugehörige Voltempfindlichkeit beträgt somit $3{,}1 \cdot 10^{-5}$ Volt.

Der Apparat, der auf jeder nur einigermaßen ebenen Unterlage benutzt werden kann, wird von der Firma Hartmann & Braun in Frankfurt a. M. angefertigt. *E. O.*

Elektroskop für radioaktive Messungen.

Von B. Szilard. *Compt. rend.* **149.** *S. 912. 1909; Le Radium* **6.** *Dezember 1909.*

Das Elektroskop besteht aus einer feinen Magnetnadel *A* (vgl. die Figur), die auf einer Stahlspitze *P* schwebt und von zwei schmalen Rähmchen *R* aus Metall umgeben ist. Nadel und Rähmchen sind leitend miteinander verbunden und auf dem isolierenden Bernsteinstreifen *I* befestigt, der das zylindrische Gehäuse in halber Höhe durchquert (im Aufriß der Figur ist er der Deutlichkeit halber um 90° gedreht gezeichnet). Der isoliert in das Gehäuse eingeführte Stift *D* dient gleichzeitig zum Arretieren und zum Aufladen der Nadel. Vor der Messung wird der Apparat in den magnetischen Meridian eingestellt, sodaß die nicht geladene Nadel innerhalb der schmalen Rähmchen steht und auf den Nullpunkt der auf dem Deckglase eingeritzten Skale einspielt. Wird das Nadelsystem geladen, so stoßen die Rähmchen die Nadel ab, während die Horizontalkomponente des Erdmagnetismus als Direktionskraft in entgegengesetztem Sinne wirkt. Der Ausschlag wird an der Skale des Deckglases abgelesen. Zur Vermeidung der Parallaxe trägt das dicke Deckglas auf der Ober- und Unterseite Striche, die das Auge zur Deckung bringen muß. Die Ablesung wird erleichtert durch eine Lupe *O*, die beim Transport heruntergeklappt werden kann.



Nach Öffnen des Teils *L* der Gehäusewand läßt sich eine Scheibe mit der zu untersuchenden aktiven Substanz auf den Boden des Apparates legen. Die geladene Nadel und das Rähmchen dienen dann gleichzeitig als Elektrode, und es wird die Abnahme des Ausschlages mit der Zeit beobachtet.

Die Spannungsempfindlichkeit des Instruments ist gering; da aber die Kapazität des geladenen Systems sehr niedrig ist, so ist doch die Ladung klein, und für die im Sättigungsstrom abfließende Elektrizitätsmenge ist deshalb das Instrument empfindlich. Die Verwendung relativ hoher Spannungen ist für die Erzielung des erforderlichen Sättigungsstromes von Vorteil. Für die Untersuchung sehr stark aktiver Substanzen kann die Nadel durch eine andere von größerer Masse und stärkerer spezifischer Magnetisierung ersetzt werden; dadurch wird die Änderungs-Geschwindigkeit des Ausschlages herabgesetzt und die Spannung erhöht, sodaß das Vorhandensein von Sättigungsstrom gewährleistet wird. Zahlenangaben über die Empfindlichkeit sind leider nicht gemacht; eine Darstellung der Abhängigkeit der Ladungsempfindlichkeit von der Größe des Ausschlages wäre von Interesse gewesen. Mit zunehmendem Ausschlage muß die abstoßende elektrische Kraft langsamer, die magnetische Richtkraft schneller zunehmen und die Kapazität des Systems steigen, demnach die Empfindlichkeit abnehmen.

In die Angaben des Instruments gehen die Deklinations- und die Intensitäts-Schwankungen des Erdfeldes ein. Erstere sind so langsam, daß sie während einer Messung nicht in Betracht kommen; letztere will Verf. dadurch in ihrer Wirkung schwächen, daß er die Nadel schwach magnetisiert und den Boden sowie den Ring des Instrumentendeckels aus geglühtem, weichem Eisen anfertigt. Dadurch wird zwar die Direktionskraft des Erdfeldes herabgesetzt, sodaß das Instrument empfindlicher wird, vielleicht auch die Skale etwas gleichförmiger gemacht, aber der prozentische Einfluß der Schwankungen dürfte dadurch wohl nicht herabgesetzt werden. Da diese Schwankungen übrigens, nach Angaben des Verf., nur 1 bis 4 Promille während der halbtägigen Periode betragen, kommen sie wohl wenig in Betracht.

Nach Ansicht des Ref. ist eine andere Fehlerquelle erheblich gefährlicher. Auf den langen Bernsteinstreifen *I* können Ladungen kriechen, die bei der ungünstigen Lage des Streifens die Nadel unkontrollierbar beeinflussen. Derartige Störungen sind bei Blättchenelektroskopen und Elektrometern mehrfach beobachtet worden. Durch eine geringe Änderung der Konstruktion ließe sich dieser Fehler leicht beseitigen.

Die Dämpfung der Nadel ist infolge ihrer Leichtigkeit und ihrer Form aperiodisch. Die Abmessungen des Gehäuses sind 95 *mm* im Durchmesser und 65 *mm* in der Höhe. Die drei Spitzen *C* unter dem Boden gewährleisten ein Feststehen des Apparates, sodaß namentlich ein versehentliches Verrücken aus dem magnetischen Meridian nicht möglich ist. Der Boden *F* läßt sich abnehmen, sodaß das Elektroskop auf andere Apparateteile gesetzt werden kann, z. B. auf ein größeres Ionisierungsgefäß und auf einen Apparat zur Untersuchung von Emanationen unter Verwendung besonderer Elektroden, ferner auf einen Fuß mit herausgeführter Klemme, sodaß das Instrument als statisches Voltmeter gebraucht werden kann. Der Apparat wurde im Laboratorium der Frau Curie ausgearbeitet und von der Firma Ducretet & Roger hergestellt. *Schg.*

Einfache Vorrichtung zur Messung eines magnetischen Feldes.

Von C. Chéneveau. *Compt. rend.* ***150.*** *S. 1046. 1910.*

Die beschriebene Vorrichtung beruht auf der Steighöhenmethode: Bringt man den Meniskus einer in einem kapillaren U-Rohr befindlichen, paramagnetischen Flüssigkeit in ein magnetisches Feld, so wird derselbe gehoben. Der Anstieg ist proportional der Feldstärke, aber im allgemeinen so gering, daß man zu einigermaßen genauen Messungen schon mikrometrischer Ablesung bedarf.

Sehr viel empfindlicher — bis zu etwa dem 18-fachen Betrage — wird das Verfahren, wenn man statt der einen Flüssigkeit zwei über einander gelagerte verwendet, von denen die eine paramagnetisch, die andere diamagnetisch ist (z. B. eine 30-prozentige wäßrige Lösung von $MnSO_4$ und Phenol o. dgl.). Bei derartigen Verschiebungen jedoch würde der Meniskus den zu bestimmenden Teil des magnetischen Feldes verlassen, wenn er nicht auf andere Weise daran gehindert würde. Der Verf. benutzt hierzu eine mit dem Ende des U-Rohres verbundene Kompressionspumpe, welche gleichzeitig auf ein Differentialmanometer wirkt, das aus zwei verschieden schweren Flüssigkeiten besteht; der zu messenden Verschiebung des Meniskus entspricht dann wieder eine sehr viel größere Verschiebung der Trennungsfläche der Flüssigkeiten im Manometer, und man erhält schließlich zur Berechnung von $\mathfrak{H}$ die Beziehung

$$\mathfrak{H}^2 = \frac{2\,h\,(s_2 - s_3)\,g}{k_1 + k_2}\,;$$

darin bedeuten h die gemessene Verschiebung im Manometer, s_2 und s_3 die spezifischen Gewichte der darin enthaltenen Flüssigkeiten, g die Beschleunigung der Schwere und k_1 bezw. k_2 die Suszeptibilitäten der beiden im Feld befindlichen Flüssigkeiten.

Bei einem Feld von 2800 Gauß fand der Verf. auf diese Weise statt eines Meniskusanstiegs von 0,5 *mm* eine Verschiebung von 6,5 *cm*; bei einem Feld von der vierfachen Stärke würde dieselbe bereits über ein Meter betragen haben. *Glch.*

Bücherbesprechungen.

W. v. Ignatowsky, Die Vektoranalysis und ihre Anwendung in der theoretischen Physik. Nr. 6 der „Mathematisch-physikalischen Schriften für Ingenieure und Studierende". Hrsg. v. E. Jahnke. 2. Bde. 8°. VI, 112 S. m. 27 Fig. u. IV, 123 S. m. 14 Fig. Leipzig u. Berlin, B. G. Teubner 1909 u. 1910. Jeder Bd. 2,60 M.; geb. in Leinw. 3 M.

Die Wichtigkeit, die der Vektorbegriff und die Vektoranalysis in den letzten zehn Jahren nicht nur als mathematische Disziplin, sondern besonders als heute unentbehrliches Hülfsmittel der theoretischen Physik erlangt haben, läßt es wohl gerechtfertigt erscheinen, wenn zu den vorhandenen, z. T. ausgezeichneten Werken darüber noch ein neues hinzukommt, das einige Teile der immerhin noch nicht vollständig ausgebauten Wissenschaft von neuen Gesichtspunkten aus behandelt. Der erste Band des vorliegenden Werkchens ist der reinen Vektoranalysis, der zweite den Anwendungen auf Mechanik und Elektrizitätslehre gewidmet.

Das Bestreben, die Vektoranalysis unabhängig vom Koordinatenbegriff aufzubauen, die geometrische Darstellung der Vektorfelder, die ausführliche Benutzung der aus der Differentialgeometrie entnommenen und bekannten Begriffe, vor allem der außerordentlich reichhaltige theoretisch-physikalische Teil sind wohl als besondere Vorzüge des Werkes hervorzuheben. Ferner ist der Formelapparat, den man bei den physikalischen Anwendungen gerne zur Hand hat, ausgiebiger und weiter gehend als in den meisten andern Büchern. So wird die Schrift allen denen, die sie *kritisch* zu lesen imstande sind, als ein recht vollständiges und bequem zu benutzendes Hülfsbuch willkommen sein.

Leider besitzt das Buch infolge der wenig sorgfältigen Darstellung, infolge der mangelnden Präzision im Ausdruck und einer gewissen Sorglosigkeit in der mathematischen Beweisführung so zahlreiche äußere Mängel, daß es vor deren Beseitigung Anfängern als Einführung kaum empfohlen werden kann. Es sei gestattet, hier nur auf einige Punkte einzugehen. Die Schwierigkeiten, die die Vektoranalysis zu Anfang bietet, bestehen einerseits in dem komplexen Begriff des Vektors, andrerseits in dem, von der üblichen Arithmetik z. T. abweichenden Algorithmus der Vektorenrechnung. Diese Schwierigkeiten können dem Anfänger nur dadurch erleichtert werden, daß klar und scharf auseinandergesetzt wird, was die neuen Begriffe Vektor, Produkt, Gradient u. s. w. zu bedeuten haben, welche Rechenregeln in der Vektoranalysis willkürlich festgesetzt sind, und wie sich dann neue Sätze aus den gegebenen Definitionen mit Hülfe der Rechenregeln streng logisch ergeben. Von einem Bestreben in dieser Richtung ist leider in dem v. Ignatowskyschen Buche recht wenig zu spüren. Man findet nicht einmal eine klar ausgesprochene Erklärung des Vektors. Aus der gegebenen Definition des Einheitsvektors „ergibt sich" keineswegs „sofort" (*S. 1*) die Regel für die Multiplikation eines Vektors mit einem Skalar, sondern diese ist eine besondere Festsetzung. Der Beweis des Satzes (*S. 17*), daß die Richtung des Gradienten, der hier durch den Limes eines Integrals definiert wird, mit der Richtung des Maximalgefälles übereinstimmt, ist nicht fehlerfrei. Derartige Mängel, die bei einiger Sorgfalt und Kritik hätten vermieden werden können, ließen sich noch mehr anführen. Das Vektorprodukt mit Hülfe des Flächenintegrals einführen zu wollen, und infolgedessen das assoziative Gesetz des Produktes durch Integration zu beweisen, ist eine überflüssige und durch nichts gerechtfertigte Erschwerung; es fällt doch auch sonst niemandem ein, den Inhalt des Parallelogrammes durch Integralrechnung zu bestimmen!

Rt.

L. Grebe, Spektroskopie. Bd. 284 der Sammlung wissenschaftlich-gemeinverständlicher Darstellungen „Aus Natur und Geisteswelt". kl. 8°. VI, 110 S. m. 62 Fig. im Text u. auf 2 Doppeltaf. Leipzig, B. G. Teubner 1910. 1 M.; geb. in Leinw. 1,25 M.

Ein so umfangreiches Wissensgebiet wie die Spektroskopie in knapper Form und in einer gewissen Vollständigkeit *populär* darzustellen, ist eine dankenswerte, aber keine leichte Aufgabe; der Verf. (Assistent am Physikalischen Institut der Universität Bonn a. Rh.) hat sie mit bestem Erfolge gelöst und dadurch in der deutschen Literatur über Spektroskopie eine mehrfach empfundene Lücke ausgefüllt. Den etwa gleich langen Hauptabschnitten: II. Spektro-

skopische Apparate und Methoden, III. Ergebnisse spektroskopischer Forschung und IV. Anwendungen der Spektroskopie, ist eine kurze Geschichte der Spektroskopie vorausgeschickt (Abschnitt I). Der zweite Abschnitt gibt als Grundlage für die Prismenspektroskope die Lehre von der Brechung und Dispersion des Lichtes im Prisma, und für die Gitterspektroskope und die Interferenzapparate die von der Wellennatur des Lichtes, der Interferenz und der Beugung; daran schließt sich eine Übersicht über die spektroskopischen Lichtquellen und eine Darstellung der Methoden zur Untersuchung und Ausmessung von Spektren. Im III. Abschnitt finden sich u. a. die Gesetzmäßigkeiten der Banden- und Linien-Spektren, die Spektralanalyse der Emissions- und Absorptionsspektra und die Elektronentheorie. Überall hat der Verf. Wert darauf gelegt, die Darstellung bis auf den neuesten Stand der Forschung auszudehnen. Dem Laien wird der letzte Abschnitt (Anwendungen der Spektroskopie) am meisten Neues bringen: aus der Astrophysik, der optischen Pyrometrie, der Beleuchtungstechnik und der Medizin; die spektroskopisch-chemischen Untersuchungsmethoden (Formánek u. s. w.) hätten eine Erwähnung verdient. Bei den Tabellen über die Wellenlängen wäre die Angabe der Namen der Beobachter erwünscht gewesen; ebenso vermißt Ref. eine Aufführung größerer Werke über Spektroskopie, auf die mancher Leser des Büchleins doch für ein eingehenderes Studium angewiesen ist. Den Schluß bildet ein ausführliches Sachregister.

Grebes Spektroskopie gehört auf den Schreibtisch eines jeden Studierenden der Naturwissenschaften sowie in die Bibliotheken unserer höheren Schulen und wird hoffentlich auch unter den Gebildeten die Kenntnis der Spektroskopie verbreiten, die dieses ungemein reizvolle Gebiet der modernen Physik so sehr verdient. *Lö.*

Neu erschienene Bücher.

O. Dziobek, Vorlesungen über Differential- u. Integralrechnung. gr. 8°. X, 648 S. m. 150 Fig. Leipzig, B. G. Teubner 1910. Geb. in Leinw. 16 M.

K. Zickler, Lehrbuch der allgemeinen Elektrotechnik für Studierende der Elektrotechnik an technischen Hochschulen und Elektroingenieure. 2. Bd. Lex. 8°. VII, 481 S. m. 316 Abbildgn. Wien, F. Deuticke 1910. 12 M.

E. Schröder, Abriß der Logik der Algebra. Bearb. im Auftrage der deutschen Mathematiker-Vereinigg. v. Prof. Dr. E. Müller. In 3 Tln. 2. Tl.: Aussagentheorie, Funktionen, Gleichungen u. Ungleichungen. gr. 8°. VI u. S. 51—159 m. Fig. Leipzig, B. G. Teubner 1910. 4 M.

K. W. Wagner, Der Lichtbogen als Wechselstromerzeuger. Mit besond. Berücksichtigung des Bogens zwischen Metallelektroden. 8°. V, 119 S. m. 44 Abbildgn. Leipzig, S. Hirzel 1910. 3,60 M.; geb. 4,50 M.

H. Hertz, Gesammelte Werke. III. Bd. Die Prinzipien der Mechanik, in neuem Zusammenhange dargestellt. Hrsg. v. P. Lenard. Mit e. Vorwort von H. v. Helmholtz. 2. Aufl. gr. 8°. XXXII, 312 S. Leipzig, J. A. Barth 1910. 12 M.; geb. in Halbldr. 13,50 M.

Schriften, Mathematisch-physikalische, f. Ingenieure u. Studierende. Hrsg. v. E. Jahnke. Leipzig, B. G. Teubner.

9. E. Netto, Die Determinanten. 8°. VI, 129 S. 1910. 3,20 M.; geb. in Leinw. 3,60 M.

S. Wellisch, Theorie und Praxis der Ausgleichsrechnung. 2. Bd. Probleme der Ausgleichungsrechng. Lex. 8°. XI, 217 S. m. Fig. Wien, C. Fromme 1910. 7,50 M.; vollständig: 17,50 M.

Forschung u. Studium. Eine Sammlung mathematischer Monographien f. Studierende. Hrsg. v. Prof. Dr. G. Kowalewski. gr. 8°. Leipzig, Veit & Co.

1. Heft. G. Kowalewski, Das Integral und seine geometrischen Anwendungen. III, 86 S. m. Fig. 1910. 3 M.

Verlag von Julius Springer in Berlin N. — Universitäts-Buchdruckerei von Gustav Schade (Otto Francke) in Berlin N.

Zeitschrift für Instrumentenkunde.

Kuratorium:

Geh. Reg.-Rat Prof. Dr. **F. R. Helmert**, Vorsitzender, Prof. Dr. **A. Raps**, geschäftsführendes Mitglied, Dr. **H. Krüss**, Prof. Dr. **R. Straubel**.

Redaktion: Geh. Reg.-Rat Prof. Dr. **St. Lindeck** in Charlottenburg-Berlin.

XXX. Jahrgang. **September 1910.** Neuntes Heft.

Zur Theorie der kinematographischen Synthese.

Von

Dr. **H. Lehmann** in Jena.

In dieser Zeitschrift ist wiederholt gelegentlich der Besprechung des Flimmerphotometers, seines Prinzipes und seiner Einrichtung, von dem Flimmerphänomen die Rede gewesen. Da letztere Erscheinung auch bei dem Bau moderner Kinematographen-Apparate mit ruckweise bewegtem Filmband eine hervorragende Rolle spielt, so mag hier die Mitteilung einiger neuerer, in das Gebiet einschlägiger Untersuchungen Platz finden.

Vor der Behandlung dieses physiologischen Themas soll aber erst noch kurz auf die psychologische Grundlage des stroboskopischen Problems eingegangen werden.

Schließlich mag noch bemerkt werden, daß die folgende Darstellung im wesentlichen ein Auszug aus einem Teil des 2. Kapitels eines demnächst erscheinenden Buches des Verfassers ist: „Die Kinematographie, ihre (psychologischen, physiologischen und technischen) Grundlagen und ihre Anwendungen in der wissenschaftlichen Forschung“ [1]).

1. *Das Prinzip und die Wirkungsweise der kinematographischen Apparate.* Allen stroboskopischen Apparaten liegt folgendes Prinzip zugrunde: Es wird dem Auge eine Reihe oder „Serie“ von Bildern dargeboten, die zeitlich aufeinander folgende Bewegungsphasen eines und desselben Objektes darstellen, und zwar derart, daß dem Auge jeweils nur ein einziges Phasenbild dargeboten wird, wobei der zeitliche Abstand je zweier Phasenbilder gleich dem Zeitintervall der in Wirklichkeit aufeinander folgenden Bewegungsphasen gewählt wird. Letztere beiden Bestimmungen sind zum Eintritt des stroboskopischen Effektes nicht nötig; sie unterstützen ihn nur, indem sie die dargestellten Bewegungen deutlicher und natürlicher erscheinen lassen. Dagegen ist zum Eintritt des stroboskopischen Effektes unbedingt erforderlich, daß die Eigenbewegung der Bildserie, die ja am Auge vorbei geführt werden muß, dem Auge selbst verdeckt oder unmerklich gemacht ist.

Letzteres kann auf drei verschiedene Arten geschehen: der Beobachter kann erstens durch Spalte blicken, die in einem in derselben oder in entgegengesetzter Richtung wie die kontinuierlich fortlaufende Bildserie bewegten dunklen Schirm in gleichen Abständen wie die Teilbilder angebracht sind; dann verdeckt der dunkle Schirm den größten Teil der Eigenbewegung des Bildes, und jede Phase wird nur einen Moment dargestellt, in welchem die Eigenbewegung unmerklich erscheint. Hierbei ist eine vollkommene Schärfe der gesehenen Bilder nicht erreichbar.

[1]) Das Buch erscheint in der Sammlung „Aus Natur und Geisteswelt“. Leipzig, B. G. Teubner.

Ein vollkommeneres Verfahren zur Verdeckung der Eigenbewegung ist zweitens die Methode, die kontinuierliche Bewegung der Bildserie optisch stationär zu machen. Es geschieht das durch Bewegung des Objektives oder durch Einschaltung von rotierenden Prismen oder Spiegeln in den Strahlengang. Derartige Konstruktionen stellen den Zukunftstyp der Kinematographen-Apparate dar. Da hierbei die einzelnen Phasenbilder unmerklich und allmählich ineinander übergehen, fällt die später zu erwähnende Flimmererscheinung vollkommen fort; ferner geben sie die größte Lichtausbeute. Auch wird das die Bilder enthaltende, auch heute immer noch kostbare Filmband durch sie am meisten geschont, und schließlich gestatten sie die Anwendung einer wesentlich höheren Bildfrequenz pro Sekunde als wie die übrigen Konstruktionen. In letztgenannter Beziehung werden sie nur noch von den Methoden übertroffen, die den elektrischen Funken als Lichtquelle verwenden. Die verschiedenen Typen der beschriebenen Art sind jedoch bis jetzt technisch noch nicht vollkommen ausgebildet, da die Erfindungen durchweg neueren Datums sind. Hauptsächlich wegen der Möglichkeit einer hohen Bildfrequenz haben sie in der wissenschaftlichen Forschung als Spezialapparate vielfach Anwendung gefunden.

Bei den heutzutage noch allgemein gebräuchlichen Kinematographen-Apparaten schließlich wird der Bildtransport dadurch unmerklich gemacht, daß das Filmband nicht kontinuierlich, sondern ruckweise fortbewegt wird, sodaß jedes Phasenbild eine endliche Zeitdauer feststeht und so dem Auge dargeboten wird. Der Bildtransport selbst geschieht sehr rasch und macht sich infolgedessen im allgemeinen nur durch eine mehr oder weniger starke Verschleierung des Bildes bemerkbar, die übrigens durchweg bei allen Konstruktionstypen durch eine rotierende dunkle Blende verdeckt wird. Die Folge davon ist ein dauernder Wechsel von hell und dunkel, der sich dem Auge im allgemeinen als ein Flimmern sehr unangenehm bemerkbar macht. Nur die besten und neuesten Konstruktionen arbeiten vollkommen flimmerfrei. Die Bedingungen hierfür sind im Laufe der Zeit empirisch ermittelt worden. Im Abschnitt 3 sollen diese Bedingungen aus der Theorie der Flimmererscheinungen abgeleitet werden.

Die Aufnahme der einzelnen Phasenbilder geschieht auf oft Hunderte von Metern langen Zelluloidbändern in einer photographischen Kamera, die einen den oben beschriebenen ähnlichen Bewegungsmechanismus enthält.

2. *Das Problem des Sehens von Bewegungen bei der stroboskopischen Synthese.* Es ist nun die Frage zu beantworten: wie kommt der stroboskopische Effekt zustande, d. h. wie kommt es, daß wir in geeigneter Weise vorgeführte, an sich *ruhende* Bilder zu einer Bewegung zusammenzusetzen vermögen?

Zunächst leuchtet hierbei wohl ohne weiteres ein, daß das ganze Problem von Grund auf *psychologischer* Natur ist. Denn wir sehen keine wirkliche Bewegung, sondern nur eine vorgetäuschte, und alle Probleme, die das *Bewußtsein* betreffen, sind in erster Linie psychologischer Natur.

Bisher wurde der stroboskopische Effekt als eine Folge des Talbotschen Gesetzes aufgefaßt, als eine unmittelbare Folge der Nachbildwirkung oder der Verschmelzung der empfundenen Netzhautbilder, d. h. also: das stroboskopische Problem wurde bisher als ein rein physiologisches behandelt.

Nun hat aber neuerdings P. Linke[1]), ein Schüler Wilhelm Wundts, einwandfrei durch Experimente bewiesen, daß die Verschmelzung bei den stroboskopischen Er-

[1]) P. Linke, Die stroboskopischen Erscheinungen als Täuschungen des Identitätsbewußtseins u. s. w. Jenaer Habilitationsschrift. Leipzig, W. Engelmann 1907.

scheinungen nur eine untergeordnete Rolle spielt. Die Verschmelzung tritt bei einer bestimmten Bildfrequenz ein; es wird dann eine diskontinuierliche Bildfolge in eine scheinbare kontinuierliche (*flimmerfreie*) Bildfolge verwandelt. Insofern bedeutet die Verschmelzung nur eine Unterstützung des stroboskopischen Effektes.

Ferner hat Linke gezeigt, daß die stroboskopische Täuschung überhaupt ohne jedwede Verschmelzung möglich ist; der Eindruck eines einzigen, ständig bewegten Gegenstandes kann selbst dann noch entstehen, wenn die Pausen zwischen den Expositionen deutlich bemerkt werden.

Daß aber trotz merkbarer Unterbrechungen Bewegung gesehen wird, läßt sich nur aus den *allgemeinen Grundlagen des Sehens von Bewegungen* erklären: damit eine Bewegung gesehen wird, ist zunächst nötig, daß *mindestens zwei* Gesichtswahrnehmungen nacheinander bestehen, die in ihren räumlichen Bestimmungen wenig genug voneinander abweichen, um identifiziert, d. h. auf einen einzigen Gegenstand bezogen werden zu können. Zweitens aber muß diese Identität oder Einheit *unmittelbar erlebt* werden und dazu ist nötig, daß die beiden fraglichen Wahrnehmungen rasch genug aufeinander folgen, um als einheitliches Ganzes im Bewußtsein zu wirken. Die zweite darf nicht etwa die erste durch einen Erinnerungsvorgang reproduzieren, sondern beide müssen *gleichzeitig* im Bewußtsein vorhanden sein, etwa in dem Sinne, in welchem dies vom gesprochenen Wort, einer Reihe von Taktschlägen, einer Reihe von Tönen oder einer „Melodie" gilt. Das Bemerktwerden einer Unterbrechung verträgt sich recht wohl mit solcher Bewußtseins-Simultanität, nur sind dann nicht zwei, sondern drei Wahrnehmungen gleichzeitig im Bewußtsein. Nun ist aber Identität des räumlich Unterschiedenen nicht vorstellbar ohne den Gedanken an Bewegung oder an das Bestehen von Zwischenphasen.

Wie man sieht, sind *die Grundlagen des Sehens von Bewegungen im gewöhnlichen Sinne und die der stroboskopischen Bewegungen durchaus gleich.* Der Unterschied zwischen den beiden Arten von Bewegungen besteht aber darin, daß bei den gewöhnlichen Bewegungen die „unmittelbar identifizierten Wahrnehmungsinhalte" auch wirklich jeweils einem einzigen Gegenstande entsprechen, während das bei den stroboskopischen Bewegungen *nicht* der Fall ist; wir identifizieren hier ja numerisch Verschiedenes als konstante Einheit. Linke faßt daher die *stroboskopischen Erscheinungen als Täuschungen des Identitätsbewußtseins auf.*

3. *Die Theorie der Flimmererscheinungen beim Kinematographenapparat mit ruckweise bewegtem Filmband.* Wie bereits oben im Abschnitt 1 erwähnt, wechselt bei den Apparaten des genannten Konstruktionstypus in rascher Folge hell und dunkel auf dem Projektionsschirm, was bei unvollkommenen Konstruktionen als sehr unangenehmes und in hygienischer Beziehung oft schädliches Flimmern empfunden wird.

Es gibt nun verschiedene Mittel, dieses Flimmmern zu beseitigen. Es muß aber gleich im voraus gesagt werden, daß dies praktisch durch ein einziges dieser Mittel allein nicht gelingt, sondern immer nur durch Zusammenwirken mehrerer Faktoren.

Zunächst ist hier eine Untersuchung von M. A. Porter[1]) von Bedeutung, der feststellte, daß die Verschmelzungsfrequenz proportional ist dem Logarithmus der Intensität, d. h. der auf dem Schirm herrschenden Beleuchtungsstärke.

Unter „Verschmelzungsfrequenz" versteht man diejenige Anzahl von ganzen Wechselperioden zwischen hell und dunkel pro Sekunde, bei welcher das Flimmern gerade aufhört und Verschmelzung der einzelnen Reize eintritt.

---

[1]) M. A. Porter, *Contributions to the study of Flicker, II. Proc. Roy. Soc. London* **70.** *S. 313 bis 328. 1902.*

Porter beleuchtete eine rotierende, zur Hälfte schwarze, zur Hälfte weiße Kreisscheibe mit verschiedenen Lichtquellen aus verschiedener Entfernung. Dann bestimmte er jedesmal die Anzahl der ganzen Umdrehungen, die gerade ausreichte, um die Scheibe gleichmäßig beleuchtet erscheinen zu lassen. In Tab. 1 sind die so erhaltenen Resultate zusammengestellt. Porter hatte aus äußerlichen Gründen eine willkürliche Helligkeitsskale gewählt; ich habe diese aber auf (engl.) Meter-Kerzen umgerechnet, was nach Porters Angaben möglich war.

Tabelle 1

$\log^{10} I$	I in engl. Meter-Kerzen	n_b beobachtet	n_r berechnet	Differenz $n_r - n_b$
8,78	0,06	17,75	17,75	± 0
9,04	0,11	18,08	18,06	— 0,02
9,40	0,25	18,50	18,50	± 0
10,00	1,00	25,08	26,21	+ 1,13
10,19	1,56	28,00	28,56	+ 0,56
10,44	2,78	32,00	31,58	— 0,42
10,60	4,00	33,50	33,50	± 0
10,80	6,25	35,50	35,85	+ 0,35
11,40	25	42,66	43,14	+ 0,48
12,00	100	50,83	50,42	— 0,41
12,25	177,78	55,08	53.44	— 1,64
12,60	400	56,42	57,71	+ 1,29
13,20	1600	65,0	65,0	± 0
13,81	6400	71,0	72,29	+ 1,29

Die ersten beiden Spalten beziehen sich auf die Intensität der Beleuchtungsstärke, die nächste gibt die beobachteten Werte der Verschmelzungsfrequenz n_b, die vierte die aus den noch zu erwähnenden Gleichungen berechneten Werte n_r an.

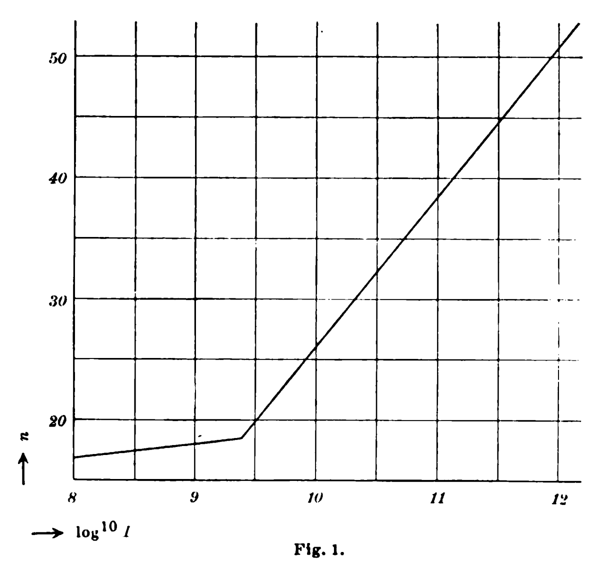


Fig. 1.

Aus den Porterschen Beobachtungen lassen sich nämlich zwei lineare Gleichungen ableiten:

$$n = 1{,}246 \log^{10} I + 19{,}25 \qquad \text{I)}$$
$$n = 12{,}106 \log^{10} I + 26{,}21\,. \qquad \text{II)}$$

Die Konstanten sind hier natürlich andere als bei Porter wegen der schon erwähnten Umrechnung.

Die Gl. I) gilt für Beleuchtungsstärken bis zu $^1/_4$ Meter-Kerze; von da ab gilt die Gl. II). Zeichnet man die Resultate graphisch auf, so erhält man zwei gerade Linien, die unter einem scharfen Knick aneinander stoßen (vgl. Fig. 1). Dieser Unstetigkeitspunkt in der Kurve von n ist nach der Theorie von J. von Kries die Stelle, an welcher mit sinkendem I der Dunkelapparat der Netzhaut in Tätigkeit zu treten beginnt.

Es erhebt sich nun die Frage: Inwiefern lassen sich Porters Resultate zur kinematographischen Projektion in Beziehung setzen? Zunächst ist hierauf zu bemerken, daß es nach bekannten Untersuchungen[1]) gleichgültig ist, ob die Grenze zwischen hell und dunkel wie bei der rotierenden Sektorenscheibe Porters über die Netzhaut hinläuft, oder ob der Wechsel sich wie bei der kinematographischen Projektion auf der ganzen Fläche gleichzeitig vollzieht. Um ferner aus Porters Messungen entnehmen zu können, wie hoch die Bildwechselfrequenz des Kinematographenapparates pro Sekunde sein muß, damit Verschmelzung eintritt, ist die Kenntnis der Beleuchtungsstärke des Projektionsschirmes nötig. Messungen dieser Art liegen bisher noch nicht vor. Ich habe daher für einige praktisch in Betracht kommenden Verhältnisse die Beleuchtungsstärke gemessen und daraus mittels obiger Gl. II) die zugehörige Verschmelzungsfrequenz berechnet. Die Resultate sind in Tab. 2 aufgeführt.

Tabelle 2.

Bildformat: 18 × 24 *qmm* Kohlendurchmesser: 20/25 *mm*.

Vergrößerung	Stromstärke in Ampere	Beleuchtungsstärke in Meter-Kerzen	n (berechnet)
224-fach	30	31	44,3
	35	36	45,1
Bildgröße: 5,38 × 4,03 *qm*	43	45	46,1
	52	61	47,8
151-fach	30	77	49,1
	40	113	51,1
Bildgröße: 3,62 × 2,72 *qm*	48	176	53 4
	55	194	53,9

Die Projektionen wurden ausgeführt mit den Spezialobjektiven für Kinematographie der Firma C. Zeiss in Jena, dem Tessar 1 : 3,5 mit den Brennweiten $f = 50$ bezw. 75 *mm*. Natürlich beziehen sich die Verschmelzungswerte n auf die hellsten und vollkommen klaren „Lichter“ der projizierten Bilder, an denen ja das Flimmern hauptsächlich auftritt. Die zuletzt gemessene Beleuchtungsstärke von nahezu 200 M.-K. ist schon außerordentlich hoch und für dauernde Vorführungen zu stark. Man wird daher gut tun, sich an eine normale Beleuchtungsstärke zu halten. Als solche ergibt sich nach bekannten hygienischen Grundsätzen die Beleuchtungsstärke von 50 M.-K.; hierfür berechnet sich aus Gl. II) die zugehörige Verschmelzungsfrequenz zu 46,8. Als untere Grenze der für hellere Films noch zulässigen Beleuchtungsstärke kann man etwa 10 M.-K. annehmen, wofür aus Gl. II) $n = 38$ folgt.

Die Bildwechselfrequenz pro Sekunde müßte also bei den Kinematographenapparaten in dem Intervall von 38 bis 46,8 liegen.

In Wirklichkeit ist das nun nicht der Fall. Die Festigkeitsgrenzen des Materials von Film und Mechanismus lassen bei den in Betracht kommenden Konstruktionen eine so hohe Frequenz nicht zu; in der Regel bewegt sich letztere zwischen 15 und 25 pro Sekunde.

Wie kommt es nun, daß die guten Konstruktionen trotzdem flimmerfrei arbeiten?

Wie erinnerlich, bezogen sich Porters Messungen auf Lichtwechsel, bei denen das dunkle Intervall gleich der Dauer des Lichtreizes ist. Nun hat schon H. von Helm-

[1]) W. Nagel, Handbuch der Physiologie des Menschen. III. Bd. 1905. *S. 256.*

holtz[1]) gezeigt, daß mit der Änderung des Verhältnisses zwischen dunklem und hellem Intervall auch eine Änderung der Verschmelzungsfrequenz eintritt. Genauere Messungen in dieser Hinsicht sind neuerdings von K. Marbe[2]) angestellt worden. Er verwendet Scheiben, bei denen der dunkle Sektor verschiedene Größen besitzt. Seine Resultate habe ich in Tab. 3 zusammengestellt.

Tabelle 3.

Relative Dauer des		Periodendauer in $^1/_{1000}$ Sek.	Verschmelzungsfrequenz n	relative Verschmelzungsfrequenz n'
hellen Impulses	dunklen Intervalles			
1	7	40	25,0	0,80
1	3	35,5	28,17	0,90
1	1	32	31,25	1,00
3	1	36,5	27,39	0,88
7	1	48	20,84	0,67

Die ersten beiden Spalten geben das Verhältnis V der Zeitdauer zwischen hell und dunkel an; die nächste enthält (als Mittel aus zwei Messungsreihen) Marbes Messungen. Hieraus habe ich in der vierten Spalte die Verschmelzungsfrequenz gebildet und in der letzten die *relative Verschmelzungsfrequenz*, bezogen auf das Sektorenverhältnis 1 : 1.

Marbe macht über die Beleuchtungsstärke keine Angabe, sie läßt sich aber leicht mit Hülfe der Gl. II) für das Sektorenverhältnis 1 : 1 berechnen: für das hierzu gehörige $n = 31{,}25$ folgt $I = 2{,}6$ M.-K. Dieser Wert ist gegenüber den oben aufgestellten praktisch in Betracht kommenden Fällen sehr gering, dürfte aber der Wirklichkeit entsprechen, da Marbe mit Glühlampen arbeitet.

Aus Untersuchungen ähnlicher Art ist nun zu schließen, daß die Größe n' sich mit der Intensität der Beleuchtungsstärke I etwas ändert; so lange aber noch keine dahin zielenden Messungen bekannt sind, nehmen wir einstweilen an, daß n' unabhängig von I ist. In Fig. 2 sind die Werte von n' graphisch aufgetragen, wobei V als Abszisse gewählt wurde. Es zeigt sich, daß für $V = 1$ der ungünstigste Fall eintritt; praktisch kommt natürlich nur der rechts vom Scheitel liegende Ast in Betracht. *Hierbei tritt also mit der Verkürzung des dunklen Intervalles die erstrebte Verkleinerung der Verschmelzungsfrequenz und zugleich auch eine Vergrößerung der mittleren Helligkeit ein* (nach dem Talbotschen Gesetz).

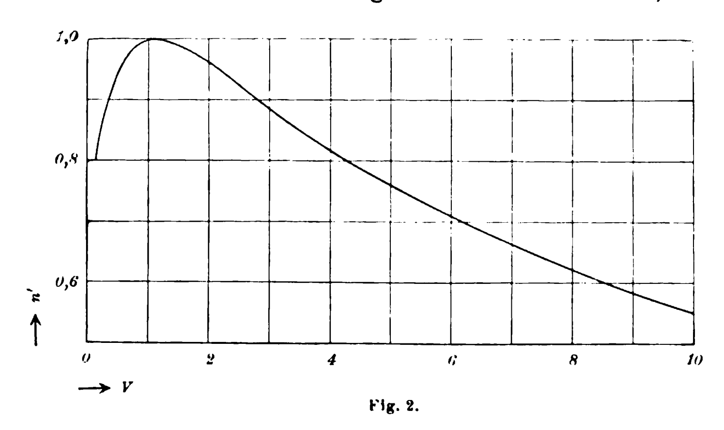


Fig. 2.

Wir übertragen das Resultat auf den praktischen Fall der normalen Beleuchtungsstärke von 50 M.-K. Hierfür hatten wir oben für $V = \frac{\text{hell}}{\text{dunkel}} = 1$ die Verschmelzungs-

[1]) H. von Helmholtz, Handbuch der physiologischen Optik. 2. Aufl. Hamburg u. Leipzig, L. Voß 1896. *S. 489, Zeile 16.*

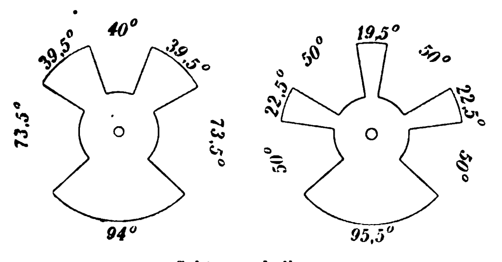
[2]) K. Marbe, Theorie der kinematographischen Projektionen. Leipzig, J. A. Barth 1910. *S. 52.*

frequenz $n = 46{,}8$ ermittelt. Wollen wir nun z. B. die Verschmelzungsfrequenz $n = 25$ erhalten, d. h. soll die Verschmelzung schon bei 25 Bildwechseln pro Sekunde eintreten, so ist nur $n' = \frac{25}{46{,}8} = 0{,}53$ zu bilden, wofür aus Fig. 2 ungefähr $V = 10$ folgt.

Für den in Betracht gezogenen normalen Fall müſste also bei dem Kinematographenapparat mit ruckweise bewegtem Filmband die Ruhestellung oder Exposition des Bildes 10-mal länger dauern als der Bildtransport. Bei einem Bildwechsel von 25 pro Sekunde würde der Bildtransport dann nur $^1/_{275}$ Sekunde lang dauern; es würde also ein sehr starker Ruck auf Filmband und Mechanismus ausgeübt werden. Bei dem in der Praxis in Betracht kommenden Dauerbetrieb würde aber hierdurch eine zu rasche Abnutzung des Materials eintreten. Man überschreitet daher aus diesem Grunde in der Regel nicht den Grenzwert $V = 4$ bis 5.

Die hierdurch erzielte Wirkung muß daher durch ein weiteres Mittel unterstützt werden. Als solches ergab sich in der Praxis des Kinematographenbaues die „künstliche" Erhöhung der Anzahl der Lichtimpulse pro Sekunde. Es wurde dies einfach dadurch erreicht, daß in die rotierende Blendenscheibe, welche den Bildtransport verdeckt, weitere dunkle Sektoren eingefügt wurden, die nun aber während der *Ruhestellung* des Bildes den Strahlengang intermittierend abblenden. Auf diese Weise geht nun zwar der durch die günstigere Wahl von V erzielte Lichtgewinn größtenteils wieder verloren, aber dafür läßt sich bei geeigneter Wahl der rotierenden Blende nunmehr das Flimmern vollkommen vermeiden.

Genauere Untersuchungen an derartigen Scheiben, aus denen man eine Gesetzmäßigkeit ableiten könnte, liegen zurzeit noch nicht vor. K. Marbe hat an Scheiben, wie sie den Konstruktionen der Firmen Ernemann in Dresden und Liesegang in Düsseldorf entsprechen, Beobachtungen angestellt. Daraus läßt sich aber nur entnehmen, daß das Verhältnis der Verschmelzungsfrequenzen zwischen der Ernemannschen und Liesegangschen Blendenscheibe bei der gleichen (wieder sehr geringen) Beleuchtungsstärke etwa 5 : 6 ist. Die Liesegangsche Scheibe erfordert also eine etwas höhere Bildwechselfrequenz, gibt aber dafür eine etwas bessere Lichtausbeute, wie die in der Fig. 3 angegebenen Winkelzahlen der Sektoren zeigen.



Sektorenscheibe
nach Ernemann nach Liesegang
Fig. 3.

Die aus den bisherigen Beobachtungen folgenden und für unseren Fall in Betracht kommenden Gesetzmäßigkeiten lassen sich nun etwa dahin zusammenfassen, daß ganz allgemein die Verschmelzungsfrequenz n eine Funktion sowohl der Beleuchtungsstärke I ist, als auch des Verhältnisses V der Zeitdauern zwischen dem hellen und dem dunklen Intervall:

$$n = f(I, V); \qquad \text{III)}$$

hiervon sind aber genau angebbar nur die beiden Fälle

1. $n = f(I, V)$ für $V =$ konst. $= 1$ [Gl. II)]
2. $n = f(I, V)$ für $I =$ konst. $= 2{,}6$ M.-K. (Fig. 2).

Machen wir dagegen, wie wir es oben getan haben, die Hypothese, daß V unabhängig von I ist, so gilt

$$n_{V=1} = F(I) \qquad n' = \frac{n}{n_{V=1}} = f(V) \qquad n = n_{V=1} \cdot f(V)$$

oder

$$n = F(I) \cdot f(V), \qquad \text{IV)}$$

worin $F(I)$ durch Gl. II) und $f(V)$ durch Fig. 2 dargestellt werden.

Auf andere Faktoren, von denen die Verschmelzungsfrequenz noch abhängig ist, soll hier nicht eingegangen werden. Ihre Hinzuziehung ist nur ein Notbehelf, und die eigentlichen Konstruktionen der Apparate sind von ihnen unabhängig.

Alle bisher beschriebenen Untersuchungen gelten für *weifses* Licht; für *farbiges* Licht werden die Verhältnisse wesentlich anders; hier ist die Verschmelzungsfrequenz immer kleiner als für weißes Licht, und zwar deshalb, weil farbiges Licht für die praktischen Fälle der Kinematographie niemals in so hoher Intensität zu erzielen ist als weißes Licht.

Also durch Anfärben der Films oder durch Vorsatzgläser gefärbte Projektionsbilder verschmelzen eher als weiße Bilder, sind aber natürlich im allgemeinen nicht so hell. Es kommt das der „Kinematographie in natürlichen Farben" zugute.

Die einzelnen Farben verhalten sich wieder verschieden. So verschmilzt nach Messungen von Porter das Gelb am schwersten; dann folgen Orange und Grün, und am leichtesten verschmelzen dunkles Rot und Blau, ganz entsprechend der von A. König aufgestellten Empfindlichkeitskurve des Auges für die Spektralfarben.

Werden periodisch wechselnd dem Auge verschiedene Farben dargeboten, wie das z. B. bei gewissen Verfahren der Kinematographie in natürlichen Farben eintritt, so tritt hierbei, wie der Verfasser feststellte, *eine neue Art von Flimmererscheinung auf, gewissermafsen eine Verquickung des eigentlichen Flimmerns mit dem sogenannten Wettstreit der Farben*, welche außerordentlich unangenehm wirkt. Jedoch tritt auch hier die Verschmelzung wie bei einfachen Farben eher ein als bei weißem Licht.

Schließlich tritt bei der kinematographischen Synthese noch eine dritte Art von Flimmern auf, die bisher meist mit dem eigentlichen Flimmern verwechselt oder identifiziert wurde. Es läßt sich jedoch leicht zeigen, daß diese dritte Art *rein mechanischer* Natur ist.

Diese Erscheinung bezieht sich auf die Darstellung *bewegter Objekte*. Sie tritt besonders störend dann auf, wenn sich hellere Gegenstände in größerer Nähe der Aufnahmekamera vor dem Objektiv vorbei bewegt haben. Alsdann erscheint die reproduzierte Bewegung oft diskontinuierlich und hat ein Flimmern zur Folge, das aber hier nur sekundärer Natur ist. Es läßt sich geometrisch leicht zeigen, daß *dieses unechte Flimmern, als sekundäre Folge der Diskontinuität der Darstellung, nur dann auftritt, wenn die scheinbare Winkelgeschwindigkeit des Objektes pro Bildwechsel gröfser ist als der scheinbare Durchmesser des Objektes in der Richtung seiner Bewegung.*

Bei Reproduktionen sehr rascher Bewegungen darf also die Bildfrequenz nicht zu gering sein, damit die dargestellte Bewegung kontinuierlich erscheint.

4. *Zur Theorie der „Vortäuschung falscher Bewegungen"*. Auf den Grundlagen des zuletzt erwähnten Phänomens beruht noch eine andere sehr merkwürdige Erscheinung, die man kurz als „Vortäuschung falscher Bewegungen" bezeichnen kann. Sie tritt hauptsächlich bei Synthese periodischer Bewegungen auf[1]).

Das bekannteste und am meisten erörterte Beispiel hierfür ist die kinematographische Synthese der Aufnahmen von Rädern vorwärts fahrender Wagen. Hierbei kann man oft bemerken, daß die Räder stillzustehen oder sich gar rückwärts zu

[1]) Hierher gehört z. B. auch die schon von Faraday beschriebene Gesichtstäuschung (*Pogg Ann.* **22.** *S. 601. 1831*), die durch *rotierende Schrauben* hervorgebracht wird. Hierbei glaubt man die Schraubengänge längs der Achse fortwandern zu sehen.

bewegen scheinen, oder daß sie sich ruckweise vor- und rückwärts bewegen, d. h. um ihre Achse hin- und herpendeln. Die Erklärung dieses Phänomens folgt aus der oben dargestellten Theorie P. Linkes, und gerade dieses Beispiel hier kann als ein schlagender Beweis für die Richtigkeit der Theorie gelten.

Ganz allgemein kann zunächst festgestellt werden, daß der Wirklichkeit entsprechend Vorwärtsbewegung des Rades gesehen wird, wenn das Phasenbild einer Speiche der geometrischen Lage nach in die Nähe des und *hinter* das zeitlich vorhergehende Bild *derselben* Speiche oder einer in der wirklichen Drehungsrichtung folgenden anderen Speiche fällt, Rückwärtsbewegung dagegen dann, wenn das Phasenbild einer Speiche immer in die Nähe und *vor* das zeitlich vorangehende Bild einer anderen Speiche fällt (vgl. Fig. 4, A u. B). Nur in dem ersten Fall (Fig. 4 A) kann es sich ereignen, daß die Phasenbilder *ein und derselben* Speiche miteinander identifiziert werden, sodaß die Bewegung nicht nur ihrer Richtung, sondern auch ihrer Geschwindigkeit nach richtig reproduziert erscheint.

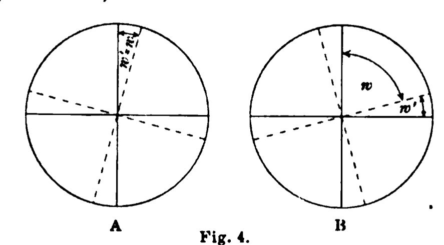


Fig. 4.

In allen anderen Fällen werden die Bilder *verschiedener* Speichen, die ja dem Auge der Form und Größe nach gleichartig erscheinen, miteinander identifiziert und so die falschen Bewegungen vorgetäuscht.

Es scheint aber hier noch ein anderes Prinzip zur vollständigen Erklärung des Phänomens in Betracht zu kommen, nämlich das *Prinzip des kürzesten Weges*, das somit nicht nur in der Physik und verwandten Gebieten Geltung hat, sondern überhaupt ein allgemeines Naturprinzip zu sein scheint. Durch dieses hier also auf ein psychologisches Problem übertragene Prinzip kommt nämlich erst die *absolute Zwangläufigkeit* zustande, mit der die falschen oder richtigen Bewegungen gesehen werden. Denn wie schon erwähnt, werden immer nur *die* Phasenbilder miteinander identifiziert, welche in zeitlicher Aufeinanderfolge sich räumlich am nächsten liegen.

Psychologisch interessant ist dann noch der Fall des *labilen Gleichgewichtes*, der eintritt, wenn die Anzahl der Phasenbilder (oder die Bildfrequenz des Apparates) pro Radumdrehung mit der Speichenzahl kommensurabel ist, wenn also z. B. immer dann ein Phasenbild exponiert wurde, wenn eine Speiche den halben Speichenabstand zurückgelegt hatte. Ist nun in letzterem Falle die Bildfrequenz bei der Synthese eine genügend hohe, so scheint das Rad still zu stehen, hat aber die doppelte Anzahl von Speichen. Bei genügend kleiner Frequenz scheint aber das Rad im allgemeinen um seine Achse zu pendeln; es kann aber auch eine kontinuierliche Drehung gesehen werden, und zwar ist dies sowie die Richtung der scheinbaren Bewegung vollständig von dem *Willen* des Beobachters abhängig. *In dem Falle des labilen Gleichgewichtes tritt also das Prinzip des kürzesten Weges außer Kraft, d. h. das Sehen der Bewegung ist nicht mehr zwangläufig.*

Im folgenden habe ich noch die Bedingungen formuliert, unter denen die verschiedenen oben angedeuteten Erscheinungen eintreten. Hierbei sind folgende fünf Größen zu berücksichtigen:

g = wirkliche Winkelgeschwindigkeit des Rades,
g' = scheinbare „ „ „ bei der Synthese,
w = wirklicher Drehungswinkel einer Speiche zwischen zwei Aufnahmen,
w' = scheinbarer „ „ „ bei der Synthese,
a = Speichenabstand.

Dann gelten folgende Beziehungen:

$$\frac{g}{g'} = \frac{w}{w'}, \qquad w \gtreqless w'.$$

Die allgemeinen Fälle lassen sich darstellen durch

1.	$(2n-1)\frac{a}{2} > w > (2n-2)\frac{a}{2}$	$n = 1, 2, 3 \ldots$	Vorwärtsbewegung	für $n = 1$ ist $g' = +g$; „ $n > 1$ „ $g' < +g$
2.	„ „ $< w <$ „ „		Rückwärtsbewegung	$g' < -g$

Für die speziellen Fälle gilt

3.	$w = n \cdot a$;	$\{n = 1, 2, 3 \ldots\}$	Stillstand (Speichenzahl einfach)	$w' = 0$, $g' = 0$
4.	$w = (2n-1)\frac{a}{2}$	$n = 1, 2, 3 \ldots$	Stillstand mit Verdopplung der Speichen (bei hoher Frequenz)	$w' = 0$, $g' = 0$
			labiles Gleichgewicht, d. h. Pendeln oder vom Willen des Beobachters abhängige Vor- u. Rückwärtsbewegung (bei genügend geringer Frequenz)	$w' = w$, $g' = \pm g$
5.	$w = \left(m + \frac{1}{n}\right) a$	$m = 0, 1, 2, 3 \ldots$; $n = 3, 4, 5 \ldots$	Stillstand mit Ver-n-fachung der Speichen (bei hoher Frequenz)	$w' = 0$, $g' = 0$
			Vorwärtsdrehen (bei geringer Frequenz)	$w' = +\frac{a}{n}$, $g' = +g \cdot \frac{1}{mn+1}$
6.	$w = \left(m - \frac{1}{n}\right) a$	$m = 1, 2, 3 \ldots$; $n = 3, 4, 5 \ldots$	Stillstand mit Ver-n-fachung der Speichen (bei hoher Frequenz)	$w' = 0$, $g' = 0$
			Rückwärtsdrehen (bei geringer Frequenz)	$w' = -\frac{a}{n}$, $g' = -g \cdot \frac{1}{mn-1}$

Jena, im August 1910.

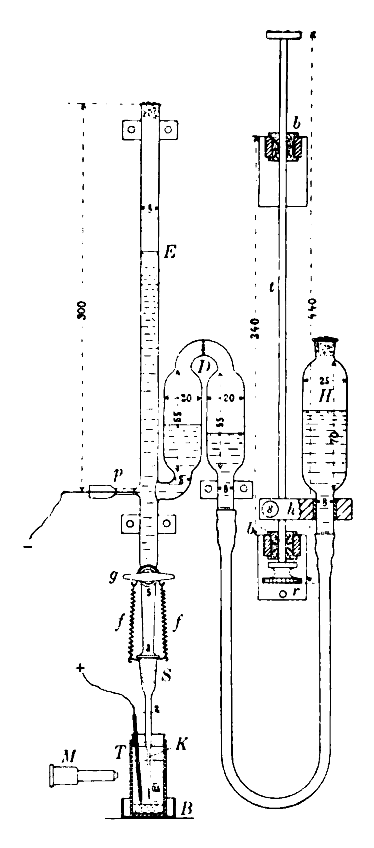
Über eine neue Form des Kapillarelektrometers.

Von
L. Zehnder in Halensee-Berlin.

Das Kapillarelektrometer liefert nur dann gute Ergebnisse, wenn seine Kapillare mehr oder weniger neu hergestellt, sein Quecksilber möglichst rein ist, und wenn sich sein Quecksilberstand während der Messungen nicht ändert. Um diese Bedingungen leichter als bei bisherigen Konstruktionen zu erfüllen, habe ich dem Kapillarelektrometer folgende durch die Figur dargestellte Form[1]) gegeben.

[1]) Die hier beschriebenen Abänderungen des Kapillarelektrometers habe ich in dem von mir geleiteten physikalischen Praktikum am Kaiserl. Telegraphen-Versuchsamt zum Teil schon vor 5 Jahren, zum Teil später vorgenommen; die ersten Änderungen sind bereits in meinem „Grundriß der Physik" enthalten.

Auf der rechten Seite der Figur befindet sich der Druckapparat, mit dem nach dem Prinzip des Jollyschen Luftthermometers ein so großer Druck auf die über der Kapillaren stehende Quecksilbersäule ausgeübt wird, daß sich mit oder ohne an das Elektrometer angelegte elektrische Spannung der Quecksilbermeniskus in der Kapillaren K jedesmal auf denselben Teilstrich des Okularmikrometers des Beobachtungsmikroskops M einstellt. Das Quecksilber dieses Druckapparats soll wegen der Berührung mit einem Gummischlauch nie zum Quecksilber des Elektrometers hinüberfließen; dementsprechend ist die in das Elektrometer einzugießende Quecksilbermenge und die im angesetzten Doppelballongefäß D einzufangende Luft zu bemessen. Das Gefäß H, das den Quecksilbervorrat enthält, ist mit Lederfutter in einen Messinghalter h von quadratischem Querschnitt eingepaßt; der Halter ist fast seiner ganzen Länge nach aufgeschlitzt und wird mit der Schraube s auf einer dünnen runden Messingstange t festgeklemmt. Mittels eines am unteren Ende von t befindlichen geränderten Griffs r kann diese in Holzbacken bb, die in Stützen eingefaßt sind, mit gelinder Reibung auf- und abgeschoben und dadurch das Gefäß H, das durch einen Gummischlauch mit D in Verbindung steht, in der Höhe verstellt werden. Große Druckänderungen bewirkt man durch Öffnen der Schraube s und Verschieben des Halters h mit dem Gefäß H auf der Stange t, kleine Druckänderungen dagegen durch Höher- oder Tieferschieben der ganzen Stange t mit dem Gefäß H, indem man zugleich an r dreht, wodurch sehr genaue Einstellungen der Quecksilberhöhe im Elektrometer ermöglicht werden. Die Höhe der auf dem Kapillarmeniskus lastenden Quecksilbersäule wird an einer mit Spiegelglas versehenen, hinter dem zylindrischen Elektrometerrohr E befestigten Teilung abgelesen. Für sehr genaue Abmessungen wird über E eine gute, mit Nonius versehene Teilung auf Messingzylinder gestülpt, wie sie von R. Fuess für Barometer verwendet wird, und wie sie in entsprechend kleiner Ausführung auch für dieses Kapillarelektrometer geliefert worden ist.



Das Rohr E (etwa 8 *mm* im Lichten; die lichten Röhrenweiten sind in die Figur eingetragen) trägt in der Höhe des Ansatzes für das Gefäß D den bei p eingeschmolzenen Platindraht (—), ferner etwas tiefer einen *ungefetteten* Glashahn g, mit dem die Kapillare vom Elektrometer abgesperrt werden kann. Der Glashahn mit etwas steilem Konus hält, wenn er einigermaßen gut eingeschliffen ist, vollkommen quecksilberdicht. Sein Küken könnte auch nach Kahlbaums Vorschlag aus Porzellan hergestellt werden; dann würde wohl ein Einfressen bei zu starkem Hineindrücken des Kükens in das Hahngehäuse ganz unmöglich werden. Unterhalb des Hahns befindet sich ein *ungefetteter* Schliff S, der in ein Rohrstück von 2 *mm* im Lichten übergeht; das Rohrstück verengt sich weiter unten zu einer Kapillare von 0,5 *mm*. Beide Schliffstücke, die gleichfalls quecksilberdicht gemacht werden müssen, werden durch zwei Stahlfedern ff zusammengehalten.

Um sich nun die wirksame Kapillare herzustellen, zieht man eine Glasröhre dickwandig in eine scharfe Spitze aus, läßt Gas aus der Spitze ausströmen und bricht die Spitze, wenn nötig, so weit ab, daß man ein kleines Gasflämmchen von nur 8 bis 10 *mm* Höhe erhält; ist das Flämmchen zu lang geworden, so schmilzt man einfach die Austrittsöffnung des Gases dadurch etwas zu, daß man die Röhre umgekehrt hält, das Flämmchen nach unten. Nun wird das Schliffstück mit der 0,5 *mm*-Kapillare nahe an ihrem unteren Ende in dies Flämmchen gehalten und, wenn das Glas weich geworden ist, *möglichst rasch* auseinandergezogen. Dabei soll aber die Kapillare nicht zerreißen, weil sie sich sonst leicht verbiegt. Wenn der Versuch nicht geglückt ist, schmilzt man die ausgezogenen Kapillarstücke einfach in dem Flämmchen wieder zusammen, erwärmt die Kapillare nochmals einige Millimeter näher an dem Schliff und zieht wieder auseinander. Nach einigen Versuchen wird man eine brauchbare Kapillare erhalten.

Die Anordnung des Schliffs hat den Zweck, in aller Bequemlichkeit und rasch, ohne das ganze Elektrometer reinigen zu müssen, eine neue Kapillare herstellen zu können. Denn im Gebrauch kann leicht bei unrichtiger Behandlung, wie sie ja im Praktikum oft vorkommt, die Kapillare unbrauchbar werden. Dann bricht man die ausgezogene Spitze bis zur 0,5 *mm*-Kapillare ab, reinigt die ganze Kapillare mit dem Schliff-Außenteil in bekannter Weise mit konzentrierter Salpetersäure und destilliertem Wasser, saugt sie unter Erwärmung mit der Wasserluftpumpe trocken und zieht wie oben eine neue Kapillare aus. Die ganze Reparatur einer verdorbenen Kapillare kann in dieser Weise in einer Viertelstunde erfolgen.

Kapillaren von 0,5 *mm* Durchmesser sind bekanntlich recht schwer aneinanderzusetzen. Um das Ansetzen einer solchen, nachdem die alte Kapillare aufgebraucht ist, zu erleichtern, habe ich zwischen ihr und dem Schliff ein gewöhnliches Biegerohrstück von 2 *mm* lichter Weite eingeschoben; an diesem 2 *mm*-Rohr ist das Ansetzen viel leichter, namentlich wenn man sich vom Glasbläser Kapillaren von 0,5 *mm* herstellen läßt, die am Ende in ein 2 *mm* Biegerohr übergehen.

Nach diesen Vorbereitungen wird zur Füllung des Elektrometers geschritten. Man stelle zuerst das Gefäß H in gleiche mittlere Höhe wie das Doppelgefäß D und gieße reines Quecksilber ein, bis das Gefäß H und die rechte Hälfte von D zur Hälfte gefüllt sind. Nun gieße man bei geschlossenem Hahn g reinstes Quecksilber in das Rohr E, wobei man darauf zu achten hat, daß das Quecksilber auch weit genug in den kleinen Rohrstutzen bei p eindringt, um Berührung mit dem innen hineinragenden Platindrahtende herzustellen. So viel Quecksilber muß in E eingegossen werden, daß beim Heben von H das Quecksilber in E bis auf seinen höchsten Stand hoch oben im Rohr gebracht werden kann. Ist zuviel Luft in D, so wird sie beim Versuch, H hochzuheben, von selber durch E entweichen. Nun wird das Schliffstück mit der Kapillare in *möglichst* geneigter Stellung mit dem reinsten aus der Spitze eines Filtrierpapier-Trichterchens austropfenden Quecksilber so vorsichtig bis an die Schliffelweiterung heran gefüllt, daß in der 0,5 *mm*-Kapillare und im 2 *mm*-Rohre keine Luftblasen zwischen Quecksilbersäulen eingeschlossen werden. Hierauf steckt man den Schliff zusammen, hängt die Stahlfederchen ff ein und öffnet den Hahn g. Das Quecksilber fließt durch den Hahn und preßt die zwischen Hahn und Schliff befindliche Luft hinaus, entweder durch die kapillaren Räume des Hahns oder durch die des Schliffs. Sollte noch eine die Quecksilbersäule unterbrechende Luftblase zurückgeblieben sein, so kann man sie durch kurzes Lockern des Schliffs, bei dem etwas Quecksilber ausfließen wird, leicht entfernen.

Untersucht man die feine Kapillare mit einer Lupe, so wird man leicht das Ende der Quecksilbersäule in ihr finden, und diese wird, wenn das Schliffstück nach Vorschrift gefüllt wurde, durch keine Luftblase unterbrochen sein. Man stellt nun durch Heben von H den größtmöglichen Druck in E her und schneidet dann mit einem kleinen Scherchen von der ausgezogenen Kapillare Stück für Stück ab, jeweils etwa 1,5 bis 2 *mm*, bis das Quecksilber eben auszufließen beginnt. Befanden sich doch gegen Erwarten Luftbläschen in der Kapillare, so kann man, nachdem bei tiefem Quecksilberstand das Rohr E mit einem Kork fest verschlossen worden ist, beim Heben von H einen wesentlich größeren Quecksilberdruck erzielen. Am sichersten kann man aber in der feinsten Kapillare eingefangene Luftbläschen entfernen, wenn man den Schliff S etwas lockert, ohne Quecksilber ausfließen zu lassen, dann g schließt und nun den Schliff wieder fest eindrückt; dabei wird das Quecksilber mit großer Gewalt durch die feine Kapillare hindurchgepreßt. Der Hahn g wird nachher wieder geöffnet.

Als Gefäß für die Schwefelsäure verwende ich einen aus planparallelen dünnen Wänden zusammengesetzten säuredichten Trog T von quadratischem oder rechteckigem Querschnitt, wie sie im Handel billig zu bekommen sind. In diesen Trog wird unten etwas Quecksilber, darüber Akkumulatorensäure gegossen. Ein in einem feinen Glasröhrchen steckender, unten mit ihm verschmolzener Platindraht (+) wird hineingesteckt. Den Trog T stelle ich in eine kleine runde Bleiwanne B, die die ausfließende Säure aufnehmen würde, wenn der Trog einmal undicht werden sollte. Nun wird dieser Trog, während das Quecksilber noch aus der Kapillare austropft, unter diese gebracht und gehoben, bis die Kapillare in die Schwefelsäure eintaucht. Darauf wird H gesenkt, um das weitere Ausfließen von Quecksilber zu verhindern. Der Trog T soll so hoch sein, daß sein oberer Rand etwa in die Höhe des 2 *mm*-Biegerohrs unterhalb des Schliffs zu stehen kommt; er steht auf einer kleinen Konsole, die auf der Rückwand des Elektrometers befestigt ist und in Längsschlitzen höher und tiefer gestellt werden kann. Schließlich wird dieser Trog oben durch zwei eingepaßte Korkstücke, die noch Raum für die Kapillare K und für das Glasröhrchen des Platindrahts (+) lassen, verschlossen, damit die Schwefelsäure weder verdunste noch durch Staub verunreinigt werde. Die beiden Platindrähte (+ und —) werden mit Polklemmen verbunden, die mit der Rückwand des Elektrometers verschraubt sind. Das mit Okularmikrometer versehene, dem des Bohnenbergerschen Elektrometers nachgebildete Mikroskop M ist vertikal verschiebbar und um eine vertikale Achse drehbar, außerdem natürlich noch in seiner Achsenrichtung durch ein feines Triebwerk verstellbar.

Beim Gebrauch werden H und E oben mit Wattebäuschchen verschlossen. Das Gefäß H wird so eingestellt, daß man den Quecksilbermeniskus in der Kapillare an einem geeigneten Teilstrich des Okularmikrometers sieht. Die Höhe des Quecksilbers in E wird abgelesen. Nun legt man die Spannung an die Polklemmen der Platindrähte unter Beachtung der Bezeichnung + und — an. Das Quecksilber muß dann plötzlich seine neue Gleichgewichtslage aufsuchen, sonst ist die Kapillare oder das Quecksilber nicht rein, oder die elektrische Leitung ist unterbrochen o. dgl. Man hebt sodann das Gefäß H so, wie oben beschrieben, bis das Quecksilber der Kapillare wieder genau am gleichen Teilstrich steht wie zuvor, und liest wiederum die Höhe des Quecksilbers in E ab. Nachdem vorher die Skale für das Rohr E mit bekannten elektrischen Spannungen geeicht worden ist, berechnet man aus gemessenen Einstellungen der Quecksilbersäule in E die gesuchten Spannungen.

Wenn die Empfindlichkeit des Kapillarelektrometers nicht den gewünschten Wert hat, schiebt man das Gefäß *H* etwas höher oder tiefer und mißt also an einer anderen Stelle der Kapillare, die ja beim Ausziehen immer mehr oder weniger konisch wird. Ihre engeren Stellen sind im allgemeinen empfindlicher als die weiteren; auch verschiebt sich der Meniskus durch kleine Spannungs- oder kleine Druckänderungen um so stärker, je mehr sich der (innere) Konus der Kapillaren der Zylinderfläche nähert.

Halensee-Berlin, den 9. Juli 1910.

Über ein Phosphoroskop mit Funkenlicht.

Von

Wilhelm Haußer.

(Mitteilung aus dem Radiologischen Institut der Universität Heidelberg.)

Eine Untersuchung über Phosphoreszenz, mit der ich beschäftigt bin, veranlaßt mich auf Wunsch von Hrn. Lenard, im folgenden ein nach seinen Angaben von der Firma M. Kohl in Chemnitz konstruiertes Phosphoroskop zu beschreiben, welches sowohl zur Untersuchung von kurzdauernder Phosphoreszenz — Momentan- und Ultraviolettprozeß — als auch zur sehr bequemen Demonstration von solcher sich eignet. Der Apparat ist eine Umformung des bereits früher[1]) von Hrn. Lenard angegebenen oszillierenden Phosphoroskops mit Funkenlicht; die Neuerung besteht im wesentlichen darin, daß der damals benutzte Quecksilberunterbrecher jetzt durch einen Motorunterbrecher ersetzt ist, so jedoch, daß ein besonders geformter Exzenter eine starke Abkürzung der zwischen Belichtung und Beobachtung verstreichenden Zeit bewirkt. Dann wurde die Beobachtung in einer schon 1891 von Hrn. Lenard angedeuteten Weise dadurch erleichtert, daß der Funke gerade in dem Moment in einem Gehäuse überspringt, wenn dies durch einen Schieber am Beobachtungsfenster nach außen völlig lichtdicht abgeschlossen ist. Zu dieser Steigerung der Empfindlichkeit des Auges kommt eine Vergrößerung des Gesichtsfeldes auf etwa 180°, was die Demonstration in einem Auditorium sehr vereinfacht.

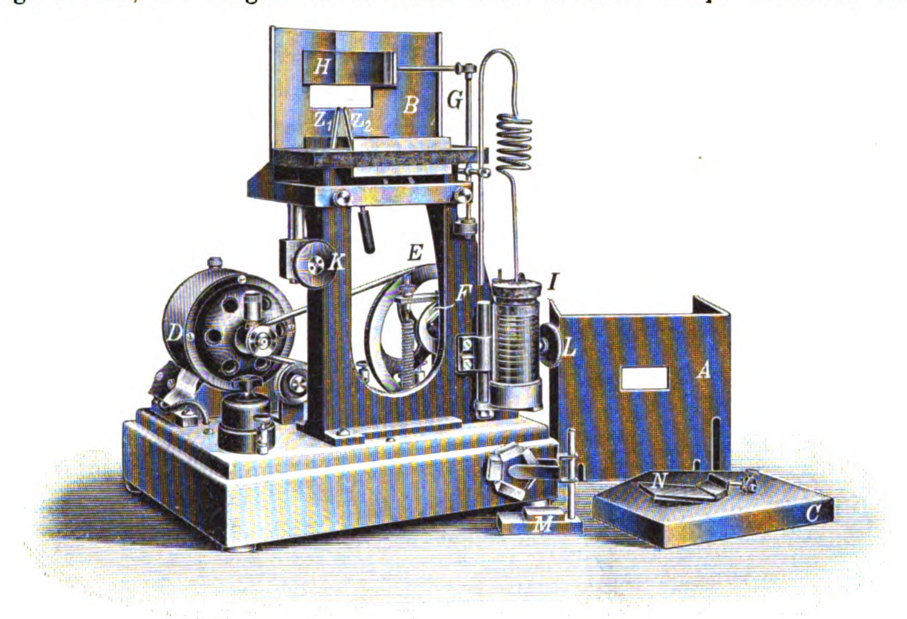
Die Figur zeigt das Phosphoroskop zum Teil demontiert, um einen Einblick in das Innere und damit in die Wirkungsweise zu gestatten. Ich will vorausschicken, daß der Apparat für eine Benutzung von zwei Seiten zu verschiedenen Zwecken eingerichtet ist, und zwar zeigt ihn die Figur von derjenigen Seite, auf der man Untersuchungen des Phosphoreszenzlichtes vorteilhaft ausführen wird, während die andere Seite mehr zu Demonstrationszwecken dient. Zur vollständigen Aufstellung müßte man nur noch die vordere Gehäusewand *A* zu der hinteren *B* schrauben und den Deckel *C* auflegen.

Ein Motor *D* treibt ein Rad *E* und dadurch einen Exzenter *F*; dieser bewegt eine Stange *G*, mit der der Schieber *H* am Beobachtungsfenster und die obere Stromzuführung eines Unterbrechers *I*, beide in ihrer Höhe durch Schrauben verstellbar, verbunden sind. Als Lichtquelle dienen die Leidener Flaschenfunken eines Induktors zwischen Zinkelektroden Z_1 und Z_2, die an ultraviolettem, phosphoreszenzerregendem Lichte sehr reich sind. Der Unterbrecher ist so einzustellen, daß der Funke dann

[1]) P. Lenard, Notiz über ein Phosphoroskop mit Funkenlicht. *Wied. Ann. 46. S. 637. 1892.*

überspringt, wenn der Schieber, schon im Aufwärtsgehen, das Fenster gerade noch deckt. Im nächsten Moment wird das Fenster frei, und der phosphoreszierende Körper bleibt dem Auge sichtbar, bis kurz bevor der nächste Funke kommt.

Um das Phosphoroskop zu betreiben, benötigt man einen Funkeninduktor von etwa 10 oder 20 *cm* Schlagweite. Zuerst wird die sekundäre Rolle des Induktors mit Leidener Flaschen von solcher Kapazität verbunden, daß die sehr kräftigen Flaschenentladungen nur noch eine Luftstrecke von etwa 4 *mm* überwinden. Dann werden die Zinkstäbe für die Funken mit den Polen des Induktors mittels der Klemmschrauben unter dem isolierenden Beobachtungstisch verbunden, in ihren Haltern so hoch geschoben, daß sie gerade vor den zu untersuchenden Körper zu stehen kommen,



und auf etwa 3 *mm* Luftstrecke eingestellt. Das Gehäuse wird aufgeschraubt und durch die Schraube K in solche Höhe gebracht, daß die Spitzen der Elektroden mit dem unteren Rand des Beobachtungsfensters abschließen. Der Schieber muß in seiner tiefsten Stellung mit seinem unteren Rand noch etwa 5 *mm* tiefer stehen. Durch Drehen von E mit der Hand sucht man für den Funken den richtigen Zeitpunkt. Die Unterbrechung soll erfolgen, wenn der Exzenter die Stange eben zu heben anfängt, also kurz bevor der Schieber das Beobachtungsfenster frei werden läßt. Man läßt den Motor so laufen, daß etwa 2 Unterbrechungen in der Sekunde erfolgen, und sieht auf das Fenster, um die feine Einstellung zu machen. Stört der Funke, so schraubt man das Gehäuse in die Höhe oder den Unterbecher an der Schraube L nach unten; ist vom Funken nichts zu sehen, so schraubt man in umgekehrtem Sinne, um die günstigste Stelle zu finden, d. h. die, bei der der Funke gerade nicht mehr gesehen wird; hier ist die Zeit zwischen Funke und Beobachtung am kürzesten. Um auch für größere Geschwindigkeiten den zum Kontakt nötigen Druck im Unterbrecher zu erhalten, ist dieser und das Gehäuse, jedes für sich, in der Höhe verstellbar.

Um einen Begriff von der Zeit zwischen Belichtung und Beobachtung zu haben, berechnen wir, welche Zeit zwischen dem Funken und einer Öffnung des Fensters auf 2 *mm* vergeht. Da hierzu eine Drehung von E um etwa 6 Grad nötig ist, so muß bei einer Oszillationsdauer von $^1/_5$ Sekunde etwa $^1/_{300}$ Sekunde verstreichen. Eine der-

artige Abkürzung ist aber für die Untersuchung von fast allen phosphoreszierenden Körpern nicht nötig; es genügen 1 bis 2 Unterbrechungen in der Sekunde vollständig, um auch schwache Phosphoreszenzen, wie z. B. die von gewöhnlichem Glas, von Porzellan, Zölestin und anderen Erdalkalimineralien, zu sehen, weil, wie bereits erwähnt, die Funken zwischen Zinkelektroden außerordentlich reich an erregendem Lichte sind und sehr nahe an den zu untersuchenden Körper herangebracht werden können. Die Möglichkeit, nach längeren Zeiten zu beobachten, ist in weiten Grenzen gegeben durch Einschalten von Widerstand in den Motor-Stromkeis, durch verfrühte Unterbrechung, durch Verstellen des Schiebers und des Gehäuses.

Die Aufstellung, wie sie die Figur zeigt, wird von der dem Beschauer entgegengesetzten Seite sich besonders zur Demonstration eignen. Die rückseitige Gehäusewand ist nämlich unter solchem Winkel gebogen, daß das Phosphoreszenzlicht innerhalb eines Winkels von fast 180° gut sichtbar ist. Zur Demonstration wird man auch das kleine Gestellchen *M* mit 5 phosphoreszierenden Körpern gut verwenden können. Kalkspat, Flußspat, gewöhnliches Glas, Pentadecylparatolylketon eignen sich gut als Objekte von kurzdauernder Phosphoreszenz neben den lange nachleuchtenden Erdalkaliphosphoren. Durch Drehen um eine Achse wird eine Substanz nach der anderen vor das Fenster gebracht.

Will man das Phosphoroskop zu einer Untersuchung verwenden, so wird man es im allgemeinen günstiger von der Vorderseite benutzen. Man verfährt wie im ersten Falle, nur bringt man die Zinkelektroden in ihre vorderen Halter und nimmt statt des gebogenen Schiebers der Rückwand den geraden Schieber *N* des vorderen Fensters zur Beobachtung. Sollte es eine Untersuchung erfordern, so läßt sich auch das ganze Gehäuse abnehmen und ein passenderes dafür aufsetzen. Dem Phosphoroskop sind noch eine Küvette mit Quarzdeckel zur Untersuchung von pulverigen Körpern und eine Zange zum Halten beliebiger Objekte beigegeben.

Referate.

Azimutschieber von Nelting.

Nach dem Instrument.

Seinem allgemeinen nautischen Rechenschieber (nautisch-astronomischer und Universal-Rechenstab", vgl. *diese Zeitschr.* **29.** *S. 299. 1909*) läßt Nelting einen billigen Azimutschieber folgen (ebenfalls von Dennert & Pape ausgeführt; Preis 14 M.), der die rasche Bestimmung der Azimute beliebiger Gestirne auf beliebigen Breiten mit der durchschnittlichen Genauigkeit von etwa 0,1° ermöglicht.

Es sind vier Stabteilungen und zwei Zungen vorhanden; die oberste Stabteilung ist eine Stundenwinkelteilung von $0^h\,1^m$ bis $11^h\,59^m$, die mittlere Stabteilung unten die Breitenteilung von 0° bis 89° (bis zu 70° mit 1°-Strichen, von dort an mit ½°-Strichen), darüber ist auf dem mittleren Steg die Skale a, b von 0,1° bis 89,9°. Die unterste Stabteilung gibt die Werte x, y von 0,1° bis 45° und wieder bis 0,1°. Von den zwei Zungen enthält die obere eine von der Mitte (0 = Pfeilstrich) nach beiden Seiten gehende Teilung bis 44,9° (bis 35° mit 1°-Strichen, von dort an mit ½°-, von 44° an mit $^1/_{10}$°-Strichen) zum Einstellen von x und y; die untere Zunge endlich hat in der Mitte einen Pfeilstrich (0), von dem eine 1°-Teilung nach links und nach rechts geht als „Deklinations-Teilung".

Der Gebrauch des Schiebers ist recht einfach; ein dem Schieber beigegebenes kleines Heft gibt Anleitung dazu und einige Beispiele. Eine Anzahl Genauigkeitsversuche, die ich angestellt habe, ist recht befriedigend ausgefallen.

Der Stab beruht auf den in Mercator-Funktionen geschriebenen Neperschen Gleichungen; er kann selbstverständlich überhaupt zur näherungsweisen Auflösung sphärischer Dreiecke gebraucht werden, wenn zwei Seiten und der zwischenliegende Winkel gegeben sind, und einer der zwei andern Winkel gesucht wird.

Es ist nicht daran zu zweifeln, daß dieser einfache und billige „Azimutstab“ sich rasch einführen wird. *Hammer.*

Absolutes Manometer.

Von M. Knudsen. *Ann. d. Physik* **32**. *S. 809. 1910.*

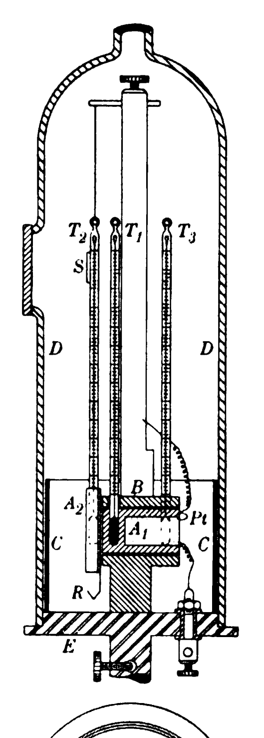
Wie der Verf. in Fortsetzung früherer Versuche nachweist — über Einzelheiten dieses Nachweises vergleiche man das Original — ist die auf 1 *qcm* bezogene mechanische Kraft K, mit der das zwischen zwei ungleich warmen Platten von den absoluten Temperaturen T_1 und T_2 befindliche und sie umgebende Gas abstoßend auf die Platten wirkt, mit dem Druck p des Gases (bezw. des Gases und der darin befindlichen Dämpfe) durch die Gleichung

$$p = \frac{2K}{\sqrt{\frac{T_1}{T_2}} - 1} \text{ Dyn}/cm^2$$

verknüpft, welche für kleine Temperaturunterschiede sich zu

$$p = 4K \frac{T_2}{T_1 - T_2} \text{ Dyn}/cm^2$$

vereinfacht. Voraussetzung für die Gültigkeit dieser Beziehung ist, daß der Abstand der Platten im Vergleich mit der mittleren Weglänge der Gasmoleküle verschwindend klein ist. Ordnet man die eine der beiden Platten fest, die andere als den einen Arm einer Drehwage an, und bestimmt man die zwischen beiden Platten wirkende abstoßende Kraft aus dem Drehungswinkel der letzteren in bekannter Weise mit Spiegel und Skale, so kann man also, wenn gleichzeitig die Temperaturen beider Platten bekannt sind, mittels der obigen Gleichungen den Druck des die beiden Platten umgebenden gasförmigen Mediums berechnen. Der so ermittelte Druck ist dann der Gesamtdruck aller im Raume befindlichen Gase und Dämpfe und nicht der partielle Gasdruck, welchen allein das Mc Leodsche Manometer zu messen erlaubt.



Nach diesem Prinzip hat der Verf. das folgende Manometer konstruiert. Auf dem Teller einer Luftpumpenglocke D (s. die Figur), der Metallplatte E, wurde ein Kupferblock BB befestigt. In einer zylindrischen Bohrung dieses Blockes befand sich, in Glasspitzen gelagert, ein Kupferzylinder A_1, dessen polierte Endfläche mit der einen gleichfalls polierten Seitenfläche des Kupferblockes in einer Ebene lag. Der ringförmige Raum zwischen Kupferzylinder und Kupferblock war 0,174 *mm* dick; der Kupferzylinder selbst hatte 1,63 *cm* Durchmesser. Er konnte durch einen Platindraht Pt erwärmt werden, wobei seine Temperatur mittels des Quecksilberthermometers T_1 bestimmt wurde.

Die polierte Endfläche des Kupferzylinders bildet die wirksame Fläche der festen Platte (der umgebende Kupferblock spielt nur die Rolle eines Schutzringes); ihr gegenüber ist die Kupferplatte A_2 mittels des eingekitteten Thermometers T_2 aufgehängt, die an der dem Zylinder zugekehrten Seite eben geschliffen und poliert ist. Das Thermometer T_2 trägt ferner den Ablesespiegel S. Sein Aufhängedraht ist außerdem am Thermometer entlang zur Kupferplatte hinabgeleitet und dort befestigt, um eine elektrisch leitende Verbindung zwischen der Kupferplatte und den übrigen Metallteilen des Apparates zu sichern. CC ist eine geschwärzte,

metallene Röhre, die zur Ausgleichung der Temperaturen zwischen dem Kupferblock, dem Pumpenteller und der an der Rückseite geschwärzten Kupferplatte beiträgt.

Um die abstoßenden Kräfte K in absolutem Maße messen zu können, muß das Trägheitsmoment der aufgehängten Platte bekannt sein. Man bestimmt es durch Zufügen eines Metallzylinders mit bekanntem Trägheitsmoment, welcher auf ein paar metallene Haken R aufgelegt wird. Das Trägheitsmoment des schwingenden Systems wurde so gleich 19,05 gefunden; die Schwingungsdauer war 2,46 Sek. für jede ganze Schwingung. Bei der Konstruktion des Manometers ist es wesentlich, der warmen Platte (Kupferzylinder) eine wohldefinierte Gestalt zu geben und Unregelmäßigkeiten an den Rändern zu vermeiden; außerdem muß der Abstand zwischen der festen und der beweglichen Platte sehr klein sein, er betrug im vorliegenden Falle 0,12 *mm*.

Mit dem Manometer wurde bei Sauerstofffüllung die folgende Messungsreihe ausgeführt. Hingeschrieben sind die Temperaturdifferenzen $T_1 - T_2$ zwischen der festen und der beweglichen Platte (die letztere stieg während des Versuches von 23,0° auf 24,8°) und die nach der eingangs mitgeteilten Formel berechneten Drucke.

$T_1 - T_2$	17,4	21,8	26,3	31,1	35,9	40,9	45,9	50,9	55,9	60,9	65,9	70,9
p in Dyn/*cm*²	2,72	2,72	2,82	2,76	2,81	2,75	2,78	2,74	2,76	2,82	2,74	2,84

Trotz der sehr verschiedenen Temperaturdifferenzen sind die gefundenen Drucke einander doch sehr nahe gleich. Ihr Mittelwert ist 2,77 Dyn/*cm*²; am Mc Leodschen Manometer war 0,91 Dyn/*cm*² gemessen; die Differenz 1,86 Dyn/*cm*² entspricht dem Sättigungsdruck des Quecksilberdampfes bei 22° C.

Das beschriebene Manometer wurde weiter in der Weise geprüft, daß man abgemessene kleine Gasmengen in den Apparat hineinleitete und die Zunahme des Druckes manometrisch und rechnerisch ermittelte, ferner dadurch, daß man durch Abkühlung einzelner Teile des Apparates den Sättigungsdruck des Quecksilberdampfes um bekannte Beträge herabsetzte, die man gleichzeitig mit dem Apparat experimentell ermittelte.

In allen Fällen ergab sich die völlige Zuverlässigkeit des Manometers, solange es sich um die *Messung sehr kleiner Drucke* handelte. Bei höheren Drucken als einige tausendstel Millimeter Quecksilberdruck ist der Apparat nicht als absolutes Manometer anwendbar, da hier kompliziertere Formeln gelten, deren Grenzwerte die eingangs angeführten Formeln sind.

Außer dem Manometer, dessen Beschreibung vorstehend wiedergegeben ist, hat Verf. noch einige andere, auf gleichen Prinzipien beruhende und für spezielle Fälle konstruierte skizziert. Wegen dieser Apparate sei auf die Originalmitteilung verwiesen. *Schl.*

Die Ausdehnung von Quarzglas in hoher Temperatur.

Von H. M. Randall. *Phys. Rev.* **30.** *S. 216. 1910.*

Die Ausdehnung wurde nach der Fizeauschen Methode bestimmt. Als Versuchskörper diente ein ringförmiger Körper von nahezu 10 *mm* Höhe, wie ihn Pulfrich an Stelle des früher für Ausdehnungsmessungen benutzten Fizeauschen „Tischchens" eingeführt hatte. Der ringförmige Körper und die ihn oben und unten begrenzenden planen Platten, ebenfalls aus Quarzglas, stammten aus der Zeißschen Werkstätte.

Das System A (Fig. 1) aus Quarzglas befand sich inmitten eines elektrischen Ofens auf einer Plattform, welche ihrerseits von einer 100 *cm* langen und 2 *cm* weiten Porzellanröhre B getragen wurde; die Röhre wurde in ihrem unteren Ende von Holzbacken gehalten. Durch die Röhre B führte der Länge nach ein Rohr X, welches die Verbindung des Ofeninnern mit einer Luftpumpe vermittelte; das obere Ende dieses Rohres bestand aus Quarzglas und war der besseren Wärmeisolation halber innerhalb des Porzellanrohres mit Asbestwolle umstopft. Das untere Ende des Rohres führt durch einen Stopfen, der zwecks sicheren Luftabschlusses in Quecksilber taucht.

Über das Porzellanrohr ist noch ein weiteres Porzellanrohr *C* geschoben, das unten durch einen Stopfen *D* abgedichtet und ebenfalls in Holzbacken eingespannt ist. Der Heizdraht ist in einiger Entfernung von der Röhre *C* über Porzellanstäbe *F* aufgewickelt. Das Ganze ist von einem Eisenmantel *H* umgeben; der Zwischenraum zwischen *H* und dem Heizdraht ist mit wärmeisolierendem Material ausgestopft. Zum Zwecke der Wärmeisolation sind ferner unten und oben in die Rohre *C* Porzellandiaphragmen *I* eingesetzt; die oberen Diaphragmen tragen ein Innenrohr *K*, wobei der entstehende ringförmige Zwischenraum zwischen *K* und *C* wieder mit Isoliermaterial angefüllt ist. Oben auf *C* ist eine Glasplatte gekittet; die Kittstelle wird durch eine Wasserspülung *J* kühl erhalten.

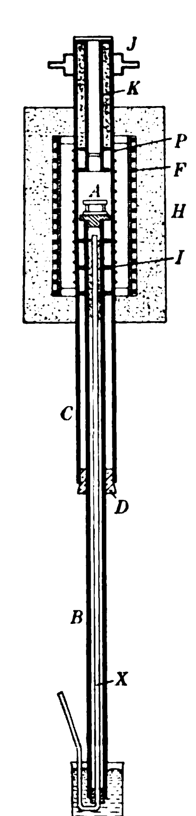


Fig. 1.

Zum Zwecke der Temperaturregulierung ist auf *C* ein Platindraht *P* aufgewickelt, welcher den einen Zweig einer Wheatstoneschen Brücke bildet. In die Brücke ist ein Galvanometer eingeschaltet, dessen Spule einen leichten Aluminiumzeiger *s* (Fig. 2) trägt. Der Zeiger bewegt

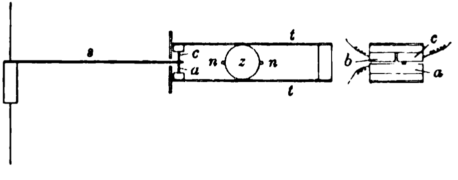


Fig. 2.

sich zwischen zwei Federn *t*, welche durch einen zwischen ihnen dauernd rotierenden, mit zwei Nasen *n* versehenen Zylinder *z* abwechselnd auseinandergebogen und wieder genähert werden. Die untere Feder trägt einen, die obere Feder zwei voneinander isolierte, aber in der gegenseitigen Verlängerung liegende Platinbacken. Der Aluminiumzeiger wird also je nach dem Auss hlag des Galvanometers beim Schließen der Feder zwischen der linken (*b*) oder rechten (*c*) Platinbacke der oberen Feder und der Platinbacke der unteren Feder *a* eingeklemmt und betätigt so das eine oder das andere von zwei an die Platinbacken angeschlossenen Relais, die ihrerseits wieder den Heizstrom ein- oder ausschalten.

Zur Messung der Temperatur diente ein Thermoelement aus Platin-Platinrhodium. Bei den niedrigeren Temperaturen wurde die freie Lötstelle in einem Bade gehalten, welches sich nahe auf der Ofentemperatur befand (bei 80° Wasser; bei 200° Naphthalindampf; bei 400° Schwefeldampf) und dessen Temperatur mit geprüften Quecksilberthermometern bestimmt wurde.

Die Messungen der Ausdehnung, die im Vakuum angestellt wurden, konnten bis nahe an 1100° herangeführt werden; in der Nähe dieser Temperatur traten stärkere Änderungen des Quarzsystems, insonderheit ein Verziehen der Platten, auf, welche Beobachtungen bei höherer Temperatur unmöglich machten.

Als Resultat der Messungen ergab sich zunächst ein schnelles Ansteigen des von 16° ab gerechneten mittleren Ausdehnungskoeffizienten bis 350°. Von da ab wächst der mittlere Ausdehnungskoeffizient weniger stark bis zu einem scharf ausgeprägten Maximum von $56{,}8 \cdot 10^{-8}$ bei etwa 500°; dann sinkt der mittlere Ausdehnungskoeffizient bis zu einem Wert von $53{,}6 \cdot 10^{-8}$ bei 950°, um abermals bis $58 \cdot 10^{-8}$ bei 1100° zu steigen. Der mittlere Ausdehnungskoeffizient zwischen 16° und 80°, $42{,}4 \cdot 10^{-8}$, stimmt gut mit den Werten von Chappuis (47,7) und Scheel (43,9) überein, ebenso der mittlere zwischen 16° und 1000° mit den Messungen von Holborn und Henning. Auf runde Temperaturen bezogen werden vom Verf. als Resultat seiner Messungen folgende Werte des mittleren Ausdehnungskoeffizienten α zwischen 16° und t° angegeben:

t	$\alpha \cdot 10^8$	t	$\alpha \cdot 10^8$
200	51,8	700	56,0
300	54,6	800	54,6
400	56,4	900	53,8
500	56,8	1000	54,3
600	56,6	1100	58,5

Schl.

Das Reflexionsvermögen schwarzer Flächen.

Von T. Royds. *Physikal. Zeitschr.* **11.** *S. 316. 1910.*

Über die Konstante des Stefanschen Gesetzes und die Strahlung des Platins.

Von E. Bauer und M. Moulin. *Compt. rend.* **149.** *S. 988. 1909;* **150.** *S. 167. 1910; Journ. de phys.* **9.** *S. 468. 1910.*

Im Jahre 1909 hatte Hr. Féry eine Neubestimmung der Konstante σ des Stefanschen Strahlungsgesetzes $E = \sigma \cdot \tau^4$ vorgenommen und war zu dem Ergebnis gelangt, daß statt des bis dahin geltenden Wertes von $5{,}3 \cdot 10^{-12}$ Watt/*cm*² der erheblich höhere von $6{,}3^{-12}$ Watt/*cm*² anzunehmen sei (vgl. *diese Zeitschr.* **29.** *S. 320. 1909*). Den Fehler der früheren Bestimmungen sah Féry darin, daß die benutzten Empfänger für die strahlende Wärme nicht hinreichend schwarz waren, und daß die Absorption ihrer Oberfläche zu hoch angesetzt war. Er selbst fand z. B. für das beste Platinschwarz noch ein Reflexionsvermögen von etwa 18%, während Kurlbaum dafür nur 3 bis 5% und Ångström für berußte Flächen 0,82 bis 1,25% gemessen hatten.

Hiernach erschien es wünschenswert, daß das Reflexionsvermögen schwarzer Flächen nochmals sorgfältig bestimmt würde. Dieser Aufgabe unterzog sich T. Royds, indem er sich einer von Paschen angegebenen Methode bediente. Bei dieser Methode wird die Temperaturerhöhung einer Thermosäule gemessen, einmal, wenn Strahlen direkt auf sie, und zweitens, wenn sie erst auf die zu untersuchende Fläche fallen, von der das nach allen Richtungen reflektierte Licht durch eine polierte Hohl-Kugel aus Neusilber auf die Thermosäule abgebildet wird. Es wurden so untersucht Rußschichten auf Silberplatten und Platinschwarz auf Silberblech, das nach dem Verfahren von Lummer und Kurlbaum abgeschieden wurde. Als Strahlung dienten 1. die durch eine 1 *cm* dicke Wasserschicht hindurchgelassene Strahlung eines Auer-Strumpfes (Maximum bei 0,8 μ), 2. Reststrahlen von Gips (Max. 8,7 μ), 3. Reststrahlen von Flußspat (Max. 25,5 μ), 4. Reststrahlen von Steinsalz (Max. 51,2 μ).

Nach Anbringung einer Korrektion für diffus reflektiertes Licht ergab sich die wahre Reflexion

für die Strahlung	von 0,8 μ	von 51 μ
bei *Rußschichten*		
von 0,205 *mm* Dicke	0,80%	1,6 %
von 0,016 *mm* „	0,68 „	4,18 „
bei *Platinschwarz* abgeschieden		
nach 15 Min.	0,12%	1,1%
nach 3 „	0,33 „	4,0 „

Es zeigt sich also, daß, entgegen den Messungen Férys, die Angaben Ångströms und Kurlbaums durchaus zu Recht bestehen.

Nach einer anderen Richtung hin prüften Bauer und Moulin die Arbeiten von Féry nach. Sie betrachten die Einführung des konischen Empfängers (vgl. das zitierte Referat) an Stelle der geschwärzten Flächen als eine wesentliche Verbesserung, finden aber eine andere Fehlerquelle in der Versuchsanordnung Férys, die das Resultat gefälscht hat. Um die von dem Konus absorbierte Wärmemenge in absolutem Maße auszuwerten, war auf

seine Außenseite ein Widerstandsdraht aufgewickelt, der elektrisch geheizt wurde, bis das Thermoelement die gleiche Temperaturerhöhung wie bei der Bestrahlung anzeigte. Hierbei ist aber sehr wahrscheinlich die Verteilung der Temperatur in dem Empfänger durchaus nicht gleich der bei der Erwärmung durch die Strahlung, sodaß auch die Gleichsetzung beider Energien nicht berechtigt erscheint. Die Verf. verfahren deshalb so, daß sie auch zur Eichung des Empfängers nicht den Strom, sondern eine Strahlung benutzen, und zwar die eines blanken Platinstreifens, dessen Ausstrahlung pro Flächeneinheit sie besonders bestimmen. Auf diesem Wege erhalten sie $\sigma = 6{,}0 \cdot 10^{-12}$.

m n

a b

Fig. 1.

In der *zweiten* ihrer oben angeführten Arbeiten finden sie dagegen, daß auch diese Beobachtungen noch nicht ganz einwandfrei sind. Bei der Vergleichung der Strahlung des Körpers mit der eines Streifens aus blankem Platin war stillschweigend die Voraussetzung gemacht worden, daß das Lambertsche Gesetz strenge Gültigkeit habe. Dieses Gesetz, nach dem die von einem strahlenden Flächenelemente ausgesandte Energie dem Kosinus des Emanationswinkels proportional sein soll, schien nach älteren Versuchen hinreichend bestätigt zu sein. Féry wies nun die Verf. darauf hin, daß nach seinen Beobachtungen das Emissionsvermögen des blanken Platins für die Gesamtstrahlung erheblich mit dem Winkel zuzunehmen scheine. Die Untersuchung ergab denn auch in der Tat, daß es zwar bis zu einem Winkel von etwa 40° annähernd konstant bleibt, bei größeren Winkeln aber bis auf nahezu den doppelten Betrag ansteigt.

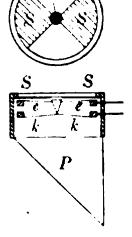


Fig. 2.

Hiernach bedurfte der zuerst gefundene Wert der Konstante noch einer Korrektion, nach deren Berücksichtigung endgültig $\sigma = 5{,}3 \cdot 10^{-12}$ wird, in bester Übereinstimmung mit dem von Kurlbaum angegebenen Werte.

In ihrer *dritten* Arbeit berichten die Verf. noch einmal ausführlich über den Gang ihrer Beobachtungen und bringen Einzelheiten der Versuchsanordnung, von denen einiges hier erwähnt werden mag.

Der Empfänger ist im wesentlichen ein Férysches Pyrometer mit Reflexionsspiegel *mn* (Fig. 1). *K* (Fig. 2) ist der kleine, innen geschwärzte Hohlkegel, der an Eisen- und Konstantan-Bändchen *e*, *k* aufgehängt ist und so zugleich die Lötstelle des durch diese gebildeten Thermoelementes darstellt, dessen Thermokraft nach der Kompensationsmethode ermittelt wird. Auf *K* wird von dem Spiegel *mn* ein Bild der anvisierten Strahlungsquelle *ab* entworfen; der Schirm *SS* schützt die Bändchen *e* und *k* vor direkter Bestrahlung. Das auf der Rückseite von *K* angebrachte Prisma *P* dient nur zur Einstellung.

Um mit diesem Apparat absolute Strahlungsintensitäten messen zu können, bedarf es der Kenntnis der Energie, die eine bestimmte Temperaturerhöhung des Empfängers hervorruft, in absolutem Maße. Hierzu bedienen sich die Verf. eines blanken Platinstreifens, dessen Emissionsvermögen sie in folgender Weise ermitteln. Der Streifen wird im Vakuum durch eine gemessene Stromstärke elektrisch erhitzt und durch eine Widerstandsmessung zwischen zwei sehr dünnen angelöteten Drähten der Energieverbrauch zwischen diesen und die Temperatur im stationären Zustand bestimmt. Aus der elektrischen Energie erhält man die im ganzen ausgestrahlte Energie und kann bei Kenntnis des Gesetzes über die Abhängigkeit der Strahlung vom Neigungswinkel gegen die strahlende Fläche auch die in einer bestimmten Richtung ausgesandte Strahlung berechnen. Schwierigkeiten bot hierbei insbesondere die Veränderlichkeit der Oberfläche des Platins infolge des Glühens, die sich in einem Rauherwerden und einer damit verbundenen Erhöhung der Emission kundgab. Indessen konnte dieser Einfluß durch die gewählte Anordnung der Beobachtungen vermindert werden.

Als schwarzer Körper wird ein Rohr nach Lummer und Kurlbaum verwandt, das in einem weiteren elektrischen Ofen von W. C. Heraeus in Hanau so gelagert ist, daß zwischen seiner Wandung und der des Heizrohres ein Luftzwischenraum bleibt, der Ungleichmäßigkeiten in der Erhitzung ausgleichen soll. Um Luftströmungen im Innern zu vermeiden, ist außerdem der ganze Ofen schräg gestellt, sodaß seine Öffnung nach abwärts gerichtet ist; das obere Ende ist geeignet verschlossen worden. Die Strahlungsmessungen wurden, um von den Fehlern des Thermoelementes im schwarzen Körper unabhängig zu sein, unmittelbar beim Goldschmelzpunkte angestellt, wobei der Schmelzdraht sowohl vor wie hinter die innerste anvisierte Scheidewand zu liegen kam.

Faßt man das Ergebnis der Arbeiten zusammen, so zeigt sich, daß ein irgendwie begründeter Einwand gegen die Messungen Kurlbaums nicht besteht. Die Unsicherheit wegen der unzureichenden Schwärze des Empfängers konnte durch direkte Messungen des Reflexionsvermögens mit hinreichender Genauigkeit beseitigt werden. Dagegen brachte die Einführung des Hohlraumempfängers durch Féry eine neue Komplikation mit sich, die zur Quelle größerer Fehler wurde, als man vermeiden wollte. Mögen auch alle diese Schwierigkeiten nunmehr gehoben sein, so bleibt es doch zweifelhaft, ob diese neuere Methode der viel übersichtlicheren Kurlbaums gegenüber die gleiche Sicherheit bietet.

Der Wert der Strahlungskonstante ist also unverändert zu $5{,}3 \cdot 10^{-12}$ *Watt/cm²* anzunehmen, um so mehr als die vorliegenden Messungen ihn bis 1064° C. bestätigen.

Hffm.

Einige Formen von Vergleichsprismen.

Von L. Bell. *Astrophys. Journ.* **29.** *S. 304. 1909.*

Über Vergleichsprismen.

Von H. Konen. *Ebenda* **30.** *S. 318. 1909.*

Bei dem Bau eines Nicholsschen Spektralphotometers fiel dem Verf. der dunkle Zwischenraum zwischen den beiden Gesichtsfeldhälften als störend auf. Das Nicholssche Spektralphotometer ist ein gewöhnlicher Spektralapparat, dessen Kollimatorspalt durch zwei rechtwinklige totalreflektierende Glasprismen bedeckt ist, wie sie Fig. 1 zeigt, sodaß das Licht der einen Lichtquelle von rechts in die obere, das der anderen Lichtquelle von links in die untere Spalthälfte gelangt. Das Photometer soll auf einer geraden Bank benutzt werden.

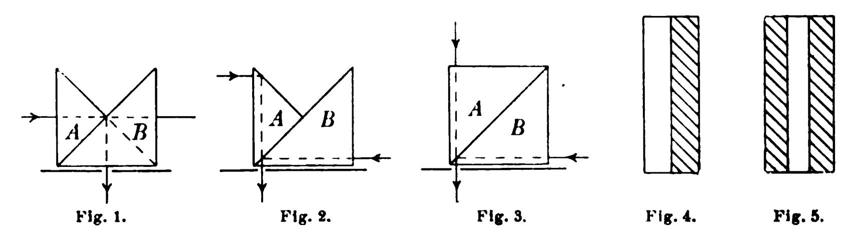


Fig. 1. Fig. 2. Fig. 3. Fig. 4. Fig. 5.

Um die störende Trennungslinie fortzubringen, wendet der Verf. Prismenkombinationen an, wie sie in den Fig. 2 und 3 skizziert sind. Das Prisma *B* bedeckt jetzt den ganzen Spalt, seine Hypotenusenfläche ist versilbert und die Versilberung gemäß Fig. 4 oder 5 fortgenommen, wobei die Trennungslinie zwischen Silber- und freier Glasschicht zu den Prismenkanten und dem Spalt senkrecht ist. Die Prismen *A* werden nun, wie es die Fig. 2 und 3 erkennen lassen, mit Kanadabalsam gegen *B* gekittet.

Damit die benutzten Stellen der Hypotenusenfläche von *B* möglichst mit dem Spalte zugleich im Fernrohr scharf abgebildet werden, weil sonst keine scharfe Grenzlinie entstehen würde, müssen die Reflexionsprismen (vgl. Fig. 2 und 3) so vor dem Spalt liegen, daß die eine gemeinsame Kante von *A* und *B* dem Spalte sehr nahe liegt. Man erkennt, daß die Kombination von Fig. 2 ebenfalls für eine gerade Photometerbank brauchbar ist, während bei der in Fig. 3 skizzierten die Lichtquellen in zueinander senkrechten Richtungen bewegt werden müssen, wenn die Einstellung durch Entfernungsänderung bewirkt werden soll.

Der Verf. gibt an, daß die Wirkung der Prismen ausgezeichnet sei; das schwarze Band zwischen den Spektren verschwinde, und die benutzte Stelle der Hypothenusenfläche von *B* lasse sich stets dem Spalt so nahe bringen, daß die Trennungslinien zwischen den Spektren vollkommen scharf erscheinen.

Gegen die Bellschen Abänderungen erhebt Konen mit Recht den Einwand, daß infolge der notwendigen sehr großen Nähe der einen gemeinsamen Prismenkante am Spalte die volle Beleuchtung des Objektivs selbst bei sehr langer Brennweite ausgeschlossen werde, daß man daher ausgedehnte Lichtquellen oder Kondensoren nicht ausnutzen könne. Mit Bezug auf die Prismen *A* gibt er dann selbst zu, daß man deren Form leicht so abändern könne, daß das Objektiv ganz ausgefüllt wird. Für das durch *B* eintretende Strahlenbündel erscheint ihm aber die Möglichkeit einer geeigneten Abänderung zweifelhaft.

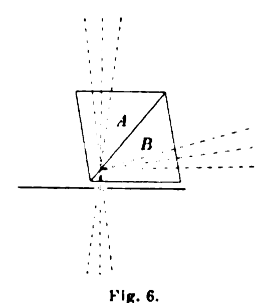


Fig. 6.

Dazu ist zu bemerken, daß man auch für das zweite Bündel Abhülfe schaffen kann, indem man den am Spalte liegenden Prismenwinkel von *B* nicht zu 45°, sondern größer wählt. Fig. 6 zeigt z. B. eine geeignete Prismenkombination, bei der beide Strahlenbündel das Objektiv ausfüllen. Freilich muß man dabei auf eine Verwendung auf gerader Photometerbank verzichten, wenn man nicht wenigstens ein weiteres reflektierendes Prisma anwenden will.

Für denjenigen, der gezwungen ist, einen gewöhnlichen Spektralapparat möglichst einfach in ein leidlich brauchbares Spektralphotometer zu verwandeln, sind die Bellschen Vorschläge einigermaßen beachtenswert. *E. Br.*

Messungen im langwelligen Spektrum.

Von H. Rubens und H. Hollnagel. *Sitzungsber. d. Berl. Akad. 1910. S. 26;* gekürzt in den *Verhandl. d. Deutsch. Physikal. Gesellsch.* **12.** *S. 83. 1910.*

Vor längerer Zeit war von H. Rubens und E. Aschkinass[1]) die Wellenlänge der Reststrahlen von Steinsalz und Sylvin mit Hülfe von Beugungsgitter und Spektrometer gemessen worden. Die Reststrahlen von Sylvin bildeten bisher die äußerste Grenze, bis zu der man im ultraroten Spektrum vorgedrungen war.

Um die Genauigkeit der Messungen zu erhöhen, verwendeten die Verf. jetzt eine Interferenzmethode. Der Apparat bestand aus zwei 0,6 *mm* dünnen, planparallelen Quarzplatten, von denen die eine fest stand, während die andere auf dem Schlitten einer Teilmaschine montiert war. Durch Regulierschrauben ließ sich jene neigen, bis die beiden Quarzplatten parallel standen und im reflektierten und durchgehenden Natriumlicht deutliche Interferenzringe auftraten. Wurden sie durch Drehen der Teilmaschinenschraube voneinander entfernt, so liefen die Ringe nach innen und verschwanden nacheinander im Zentrum. Nun wurden die Platten zur Berührung gebracht, und an einem empfindlichen Mikroradiometer wurde der Ausschlag gemessen, den die zu untersuchenden Reststrahlen ergaben. Hierauf wurde die Spindel um einen Trommelteil gedreht, wodurch der Abstand der beiden Quarzplatten um 5,25 μ vergrößert wurde, und wiederum der Ausschlag beobachtet und so fort, bis das Interferenzbild hinreichend deutlich wurde.

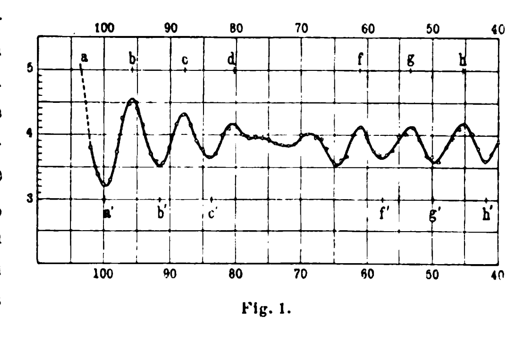


Fig. 1.

Fig. 1 gibt ein Bild der für die Reststrahlen von Bromkalium erhaltenen Kurven; es sind die Ablesungen an der Trommel der Teilmaschine als Abszissen, die zugehörigen Aus-

[1]) *Wied. Ann.* **65.** *S. 241. 1898;* Referat in *dieser Zeitschr.* **18.** *S. 348. 1898.*

schläge als Ordinaten aufgetragen. Man sieht sofort, daß die Kurven aus der Überlagerung zweier Wellen verschiedener Intensität entstanden sind; in Fig. 2 sind diese beiden berechneten Wellenzüge mit der resultierenden besonders gezeichnet. Die folgende Tabelle enthält die erhaltenen Wellenlängen, wobei unter λ_0 die „mittlere Wellenlänge" zu verstehen ist, die sich aus der Entfernung benachbarter Maxima und Minima an den Stellen des Interferenzbildes ergibt, an denen die Interferenzen am stärksten hervortreten. Durch die früheren Gittermessungen war wegen der erforderlichen Spaltbreite überhaupt nur eine „mittlere" Wellenlänge erhalten worden. Bemerkenswert ist die große Wellenlänge der Reststrahlen von Jodkalium von $^1/_{10}$ *mm*.

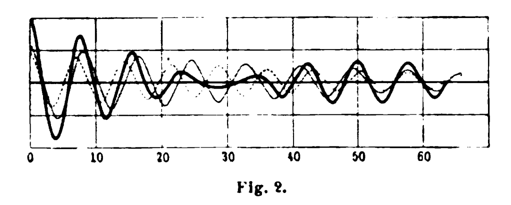


Fig. 2.

Reststrahlen von	Wellenlängen in λ			λ_0, früher (*a. a. O.*) gemessen	Molekulargewicht
	λ_1	λ_2	λ_0		
Steinsalz	53,6	46,9	51,7	51,2	58,5
Sylvin	62,0	70,3	63.4	61.1	74,6
Bromkalium	86,5	75,6	82,3		119,0
Jodkalium			96,7		166,0

Weiter wird die Absorption untersucht, die die neugefundenen langwelligen Reststrahlen in verschiedenen Substanzen erleiden. Die Durchlässigkeit von Fluorit, Steinsalz, Glas, Sylvin ist Null, von Quarz, Paraffin, Hartgummi, Wasserdampf, Kohlendioxyd noch relativ groß. Bei einer 4,03 *mm* dicken, senkrecht zur Achse geschnittenen Quarzplatte ist die prozentische Absorption für die Reststrahlen von Steinsalz 82,6, von Sylvin 69,4, von Bromkalium 57,6, von Jokalium 32,0. Mit wachsender Wellenlänge tritt also eine deutliche Abnahme der Absorption von Quarz auf. Auch das Reflexionsvermögen einiger Substanzen für die Reststrahlen von Bromkalium wurde untersucht. Aus dem beobachteten Reflexionsvermögen des Wassers ließ sich mittels des Extinktionskoeffizienten der Brechungsindex des Wassers zu 1,41 für $\lambda_0 = 82,3\,\mu$ berechnen; früher war auf dieselbe Weise für die Reststrahlen von Flußspat der Wert 1,41, für diejenigen von Steinsalz 1,36 abgeleitet worden. So ungenau diese Methode der Bestimmung des Brechungsindex ist, so zeigt es sich doch, daß der Brechungsexponent des Wassers bei der 200-fachen Wellenlänge des blauen Lichts noch angenähert denselben Wert besitzt wie im sichtbaren Spektrum. *L. J.*

Neues Modell der magnetischen Wage.

Von P. Sève. *Compt. rend.* **150.** *S. 1309. 1910.*

Die von Cotton konstruierte Wage zur Bestimmung magnetischer Feldstärken (*Journ. de phys.* **9.** *S. 383. 1900*; Referat in *dieser Zeitschr.* **20.** *S. 307. 1900*) beruht darauf, daß ein geradliniges, stromdurchflossenes Leiterstück, das sich an dem einen Arm einer Wage befindet, in das zu messende Feld gebracht wird; der entstehende Zug wird durch Gewichte ausgeglichen, die auf eine mit dem anderen Arm der Wage verbundene Schale aufgelegt werden. Man kann dann, wenn entweder die Länge des Leiterstücks genau bekannt oder das Instrument mit bekannten Feldern geeicht ist, unbekannte Feldstärken damit bestimmen. Dies setzt jedoch voraus, daß die Wirkung des Feldes auf andere Teile des stromdurchflossenen Leiters vernachlässigt werden kann; zu diesem Zweck bildet die Zu- und Ableitung Stücke von zwei konzentrischen Kreisen, deren Mittelpunkt mit der Wagenachse zusammenfällt, sodaß die möglicherweise noch vorhandene Wirkung auf die Zu- und Ableitung sich kompensiert.

Die exakte Herstellung der gewählten Form durch Drahtbügel ist nun nicht ganz einfach, außerdem kann leicht eine Verbiegung eintreten, welche Fehler verursacht. Der Verf. sucht daher die Unveränderlichkeit dieses wichtigen Stromzuführungsteils dadurch zu erreichen, daß er das Kreisstück aus Glas schleift und darauf dünne Zuleitungen aus Kupfer-

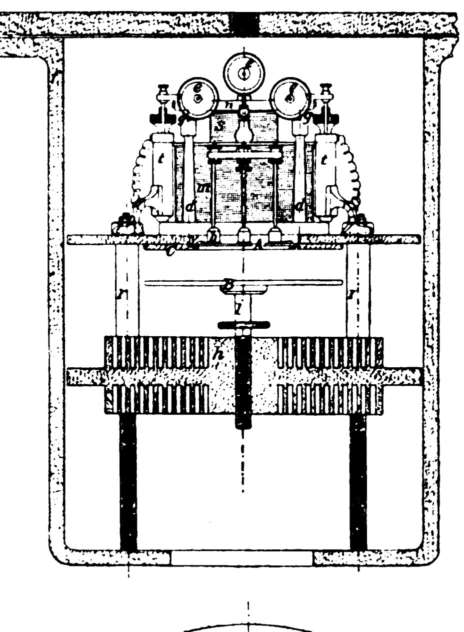
blech festbindet; auch Platinieren des Glases und nachträgliches galvanisches Niederschlagen einer dickeren Kupferschicht hat sich bewährt.

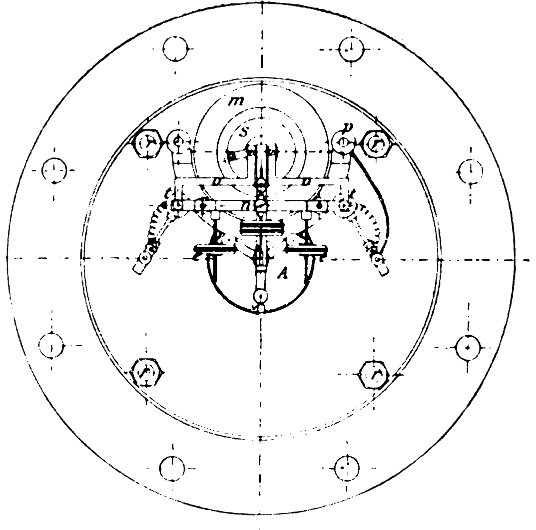
Ferner sind sonst noch einige technische Verbesserungen angebracht, welche bewirken, daß man nach Ansicht des Verf. noch etwa ein Promille des zu messenden Betrags verbürgen kann. *Glch.*

Absoluter Spannungsmesser für Spannungen von 10000 bis 180000 Volt.

Von A. Tschernyscheff. *Physikal. Zeitschr.* **11.** *S. 445. 1910.*

Der Spannungsmesser ist eine Verbindung des absoluten Schutzringelektrometers mit einem Dynamometer. Die Platten des Elektrometers *A* und *B* haben 6 bezw. 12 *cm* Durchmesser; *C* bildet den Schutzring der oberen, geerdeten Platte. Die Hochspannungsplatte *B* wird von dem Ebonitklotz *h* getragen und kann mittels der Schraube *l* in der Höhe verstellt werden; der Abstand der Platten beträgt etwa 2 *cm*. Die Scheibe *A* ist an dem einen Arm eines Wagebalkens aufgehängt, während an dem anderen Arme eine Spule *s* befestigt ist. Letztere ist in Reihe geschaltet mit einer konzentrisch gestellten Spule *m*. Den elektrostatischen Kräften bV^2 zwischen den Platten wird das Gleichgewicht gehalten durch die elektrodynamischen Kräfte aJ^2 zwischen den Spulen (*V* Potential von *B*, *J* Strom in *s* und *m*)[1]. Die Gleichgewichtslage wird mittels Spiegels, Fernrohrs und Skale festgestellt. Der Wagebalken ruht nicht auf Prismen, sondern mittels Querbalkens *n* und Stahlspitzen *g* auf Pfannen, welche von den Säulen *d* getragen werden; *e* sind Gewichte zum Ausbalancieren des Wagebalkens. Der ganze Apparat ist von einem Messinggehäuse (Durchmesser 24 *cm*, Höhe 35 *cm*) umschlossen, das von unten her von zwei (in der Figur nicht gezeichneten) konzentrischen Ebonitrohren durchsetzt wird; diese umschließen die Zuführung zur Scheibe *B*. Ein dünnes Messingrohr zwischen den Ebonitrohren scheint nach dem Vorgang von Nagel (*Elektr. Bahnen u. Betriebe* **4.** *S. 275. 1906*) zur gleichmäßigeren Verteilung des elektrischen Feldes eingefügt zu sein.





Die elektrodynamische Konstante *a* wird durch den Versuch gefunden, indem auf *A* bestimmte Gewichte aufgesetzt werden, die durch die Kraftwirkung gemessener Ströme ausbalanciert werden. Die elektrostatische Konstante wird aus den Abmessungen

[1]) Vgl. auch die Konstruktionen von Crémieu und Müller, *diese Zeitschr.* **24.** *S. 282. 1904;* **30.** *S. 58. 1910.*

des Elektrometers und der Dielektrizitätskonstanten berechnet. Um das Elektrometer für hohe Spannungen brauchbar zu machen, wird das wohl zuerst von Fessenden angewandte Mittel benutzt, den ganzen Apparat unter 10 Atmosphären Druck zu bringen. Auf diese Weise soll er für Spannungen bis 180 000 Volt brauchbar sein. *E. O.*

Bücherbesprechungen.

E. Jahnke u. F. Emde, Funktionentafeln mit Formeln und Kurven. Nr. 5 der „Mathematisch-physikalischen Schriften für Ingenieure und Studierende". Hrsg. v. E. Jahnke. 8°. XII, 176 S. m. 53 Textfig. Leipzig u. Berlin, B. G. Teubner 1909. Geb. in Leinw. 6 M.

Ein ganz vorzügliches Werk, das sich auch ohne besondere Empfehlung einbürgern und wohl in kurzer Zeit in der Bibliothek keines Physikers oder Mathematikers, die auch eine Logarithmentafel enthält, fehlen wird. Denn ein überaus umfangreiches, für die praktische Anwendung theoretischer Forschung unentbehrliches Zahlenmaterial ist hier auf äußerst zweckmäßige, übersichtliche und geschmackvolle Weise wiedergegeben. Mit der vollständig genügenden Genauigkeit von 1 Promille sind die 11 wichtigsten, transzendenten Funktionen zahlenmäßig dargestellt; ohne die Übersichtlichkeit zu stören, sind die wichtigsten Formeln eingefügt, und die Darstellung der Funktion in Kurven wird nicht nur von dem Neuling auf diesem Gebiete als große Annehmlichkeit empfunden werden. Eine Anzahl der behandelten Funktionen ist wohl zerstreut in andern, zum Teil schwer zugänglichen Stellen wiedergegeben; eben durch die Zusammenfassung in einem handlichen Bande und die große Erweiterung wird nicht nur ein wesentliches Hindernis für deren praktische Anwendung aus dem Wege geräumt, sondern ist auch dem Hochschullehrer, der die Probleme nicht nur zur Endformel führen, sondern auch die Schüler zum numerischen Ausrechnen veranlassen will, ein unentbehrliches Hülfsmittel für den Unterricht geschaffen worden.

Daß eine solche Sammlung in erster Auflage ohne Fehler und Irrtümer hergestellt werden kann, dürfte wohl ausgeschlossen sein. Eine Anzahl von Berichtigungen, zum Teil von den Verf. angegeben, finden sich im *Arch. f. Math. u. Phys.* **15.** *S. 372. 1910*; jede weitere Berichtigung wird wohl von den Verf. selbst am dankbarsten begrüßt werden.

Der Ref. möchte noch zwei Wünsche äußern. Im Kap. VII sind die Fresnelschen Integrale C und S berechnet und graphisch wiedergegeben. Da aber bei deren Anwendung beinahe ausschließlich $\sqrt{C^2+S^2}$ auftritt, dürfte die graphische Wiedergabe dieses Ausdrucks mittels der bekannten Cornuschen Spirale zweckmäßig sein. Sodann fehlen vollständig die Kugelfunktionen mit 2 Argumenten. Bei späterer Darstellung derselben dürfte es sich auch empfehlen anzugeben, wie die Spezialfälle derselben (zugeordnete Funktionen u. s. w.) von den verschiedenen Autoren bezeichnet werden, ähnlich wie dies *S. 172—174* für die Zylinderfunktionen geschehen ist. *R. Emden.*

O. Ringleb, Das Kystoskop, eine Studie seiner optischen und mechanischen Einrichtung und seiner Geschichte. 8°. X, 194 S. m. 98 Textfig. Leipzig, W. Klinkhardt 1910. 7,50 M.; geb. in Leinw. 8,50 M.

Schon vor einigen Monaten (vgl. *diese Zeitschr.* **30.** *S. 55. 1910*) hat der Ref. bei der Besprechung einiger einleitender Aufsätze desselben Verf. auf diese zusammenfassende Arbeit hingedeutet, an deren Drucklegung damals gearbeitet wurde. Wenn bereits an jenem Orte auf die Beziehungen hingewiesen wurde, die zwischen dem Autor und dem Ref. bestehen, so ist das auch für dieses Referat notwendig. Der Verf. macht selbst in seinem Vorwort auf eine gewisse Abhängigkeit aufmerksam, in der er der Jenaer Schule gegenüber steht, und er tut sicherlich wohl daran, deutlich auf solche Zusammenhänge hinzuweisen, die

häufig verwischt oder gar verschwiegen werden Das Verdienst, das er sich um sein Arbeitsgebiet erworben hat, ist aber mit nichten gering, und es empfiehlt sich, auf diese, nicht allein beim Kystoskop vorliegenden, Verhältnisse etwas näher einzugehen.

Die weitgehende Spezialisierung der Wissenschaft hat im vorliegenden Falle für einen ziemlich engen Kreis von Ärzten ein Spezialinstrument geschaffen, durch dessen Anwendung überhaupt erst von seinem geistigen Urheber ein neuer Zweig der medizinischen Wissenschaft, die Kystoskopie, entwickelt werden konnte. Es ist kein Wunder, daß dieses Instrument von der überwiegenden Mehrzahl seiner in der Praxis stehenden Benutzer als ein Mittel zum Zweck angewendet und daß nach seinem Wesen gar nicht, sondern nur nach seinen Leistungen gefragt wurde. Eine solche Beurteilung eines Instruments ist aber mangelhaft, weil sie auf bloßer empirischer Kenntnis, also im wesentlichen ohne wissenschaftliche Erkenntnis, erwachsen ist, und sie führt folgerecht zu zwei unerfreulichen Begleiterscheinungen, nämlich zu Anpreisungen, die einer wissenschaftlichen Kritik nicht standhalten, und zu einer Unsicherheit des Urteils bei den Käufern. Dem läßt sich nur entgegenwirken durch eine wissenschaftliche Behandlung eines solchen Instruments, eine Aufgabe, die hier darauf hinausläuft, planmäßig die im allgemeinen bereits entwickelten Lehren der geometrischen Optik auf das Kystoskop anzuwenden. Durch eine derartige Arbeit, die zwar nicht den Ruhm einer großen, originalen Schöpfung brachte, aber das Verdienst hat, eine klaffende Lücke geschlossen zu haben, hat Hr. Ringleb den Beweis geführt, daß sich verschiedene Forderungen, die nicht nur in früherer Zeit zusammen erhoben wurden, gegenseitig ausschließen. Das Verhältnis von Lichtstärke und Tiefe, von objektähnlicher Abbildung und Tiefe, der Grund der eigentümlichen Perspektive des Instruments, sie alle erfahren eine ausreichende Behandlung. Um die Bedeutung einer solchen theoretischen Erörterung zu ermessen, denke man an die üblen Folgen davon, daß das um das Jahr 1840 auftretende photographische Objektiv der Schar seiner Benutzer ohne eine Spur von theoretischer Darstellung in die Hand gegeben wurde: noch heute nach 70 Jahren sind jene beiden Übelstände nur zu auffällig. Noch heute werden lichtstarke Objektive mit besonders großer Tiefe angezeigt und — was noch schlimmer ist — noch heute wirkt diese auf die äußerste Unkenntnis rechnende Anpreisung. Man kann hoffen, daß beim Kystoskop die Verhältnisse günstiger liegen, daß die wissenschaftliche Schulung seiner Benutzer sie die hier gebotene Gelegenheit, auch Kenner dieses Instruments zu werden, ausnützen lassen wird.

War bisher, dem Interessengebiet des Ref. entsprechend, von der optischen Ausrüstung des Kystoskops die Rede gewesen, so findet auch die mechanische Durchbildung dieses Instruments in der vorliegenden Schrift die ihr gebührende Beachtung. In dem engen Raume einer etwa 25 *cm* langen und höchstens 8 *mm* weiten Röhre finden Vorkehrungen zur Beleuchtung und Betrachtung, zur Spülung und Ermöglichung von chirurgischen Eingriffen Platz. Es sind das Errungenschaften, die durch ein verständnisvolles und fleißiges Zusammenwirken von angebendem Arzt und ausführendem Mechaniker im Verlaufe von wenig mehr als 30 Jahren geschaffen worden sind.

In dem letzten Teil gibt der Verf. einen Überblick über die geschichtliche Entwicklung seines Instruments. Die erstaunliche Leistungsfähigkeit des Erfinders M. Nitze, dem er als letzter Assistent nahestand, tritt in ein helles Licht; aber auch andere Kystoskopiker wie L. Casper, P. Güterbock, S. Jacoby, A. Kollmann, E. Lang, F. Schlagintweit nehmen einen ehrenvollen Platz in seiner Darstellung ein. Auch zur Entwicklung des optischen Systems finden sich Daten, die ohne den Hinweis des Verf. der Aufmerksamkeit des optischen Spezialisten entgangen sein würden.

Zum Schluß sei noch hingewiesen auf ein 10 zweispaltige Seiten umfassendes, alphabetisches Literaturverzeichnis, dessen gewissenhafte Herstellung wohltuend absticht von der bei Zitaten so häufig zu bemerkenden Sorglosigkeit. *M. von Rohr.*

Neue Preisliste von F. Sartorius, Vereinigte Werkstätten für wissenschaftliche Instrumente von F. Sartorius, A. Becker u. L. Tesdorpf, in Göttingen.

Preisliste der Abteilung IV: Ludwig Tesdorpfs Geodätische Instrumente. Preisliste G. 21. Ausgabe 1910. gr. 8. 106 S. m. Illustr.

Die reichhaltige Liste umfaßt Theodolite (einschl. Tachymeter- und Gruben-Theodolite) mit Nonien- und mit Skalenmikroskop-Ablesung (Schraubenmikroskop-Theodolite sind nicht aufgeführt), ebenso Nivellierinstrumente vom Feinnivellier bis zum kleinen billigen „Taschen"- und Bauplatz-Instrumentchen, alles in den bekannten Tesdorpfschen Formen; Bussolen-Instrumente, Tachygraphometer (nach Wagner) und Kippregeln; einfache Winkelmesser, Instrumente zur Absteckung konstanter Winkel, Gefällmesser verschiedener Einrichtung. Auch die sonstigen Meßgerätschaften, Nivellier- und Tachymeterlatten, Stäbe, Meßstangen, Meßbänder u. s. f. sind reichhaltig vertreten; endlich werden auch zahlreiche Instrumente aufgeführt, die die Sartorius-Tesdorpfsche Werkstatt nicht selbst anfertigt: Aneroide von Bohne u. a., hydrometrische Flügel von Ott, Feldstecher und Fernrohre, Planimeter von Amsler und von Coradi, Pantographen von Coradi, Rechenschieber, Zeicheninstrumente u. a. Bei den Instrumenten für den Feldgebrauch werden (sehr nachahmenswert in solchen Katalogen) neben den Angaben über die Ablesung an Kreisen, über die Fernrohre und Libellen, überall die Abmessungen der Transportkasten und die Gewichte von Instrument, Schrank und Stativ aufgeführt. *Hammer.*

Neu erschienene Bücher.

W. Thomson (Lord Kelvin), *Mathematical and physical Papers. 5. Vols. Vol. IV: Hydrodynamics and general Dynamics, arranged and revised with annotations by J. Larmor.* 8°. XVI, 563 S. m. Fig. Geb. in Leinw. 18 M.

Vols I—III: 1880—1901. Mit Fig. Geb. in Leinw. 48 M.

***Travaux** du Laboratoire Central d'Électricité. Tome I, 1884—1895.* gr. 8°. 518 S. m. Fig. Paris 1910. 12 M.

E. Pascal, Repetitorium der höheren Mathematik. 2., völlig umgearb. Aufl. der deutschen Ausg., hrsg. v. P. Epstein u. H. E. Timerding. II. Bd.: Repetitorium der höheren Geometrie. Hrsg. v. Prof. H. E. Timerding. 2. Aufl. 1. Hälfte. Grundlagen u. ebene Geometrie. 8°. XVI, 534 S. m. 54 Fig. Leipzig, B. G. Teubner 1910. Geb. in Leinw. 10 M.

V. v. Richter, Lehrbuch der anorganischen Chemie v. Prof. Dr. H. Klinger. 12., neubearb. Aufl. 8°. XVI, 656 S. m. 47 Holzschn. u. 2 farb. Spektraltaf. Bonn, F. Cohen 1910. 10 M.; geb. 11 M.

E. Mach, Populär-wissenschaftliche Vorlesungen. 4., verm. u. durchgeseh. Aufl. 8°. XII, 508 S. m. 73 Abbildgn. Leipzig, J. A. Barth 1910. 6,80 M.; geb. in Leinw. 7,50 M.

W. L. Moore, *Descriptive Meteorology.* 8°. Mit farb. Taf. New York 1910. Geb. in Leinw. 14 M.

Enzyklopädie der mathematischen Wissenschaften mit Einschluß ihrer Anwendungen. Hrsg. im Auftrage der Akademien der Wissenschaften zu Göttingen, Leipzig, München u. Wien, sowie unter Mitwirkg. zahlreicher Fachgenossen. Bd. IV, 2. II Mechanik. Red. v. F. Klein u. C. H. Müller. 3. Hft. Lex. 8. S. 311—417. Leipzig, B. G. Teubner 1910. 3,40 M.

***Catalogue** international of scientific Literature, published by the Royal Society of London. Chemistry.* 7. Jahrg. 1907—1908. gr. 8°. 1145 S. London 1910. 37,50 M.

***Compte rendu** du congrès des mathématiciens tenu à Stockholm 22.—25. IX. 1909. Publié par G. Mittag-Leffler et Ivar Fredholm.* gr. 8°. 137 S. m. Fig. Leipzig, B. G. Teubner 1910. 5 M.; geb. in Leinw. 6 M.

Verlag von Julius Springer in Berlin N. — Universitäts-Buchdruckerei von Gustav Schade (Otto Francke) in Berlin N.

Zeitschrift für Instrumentenkunde.

Kuratorium:

Geh. Reg.-Rat Prof. Dr. **F. R. Helmert**, Vorsitzender, Prof. Dr. **A. Raps**, geschäftsführendes Mitglied, Dr. **H. Krüss**, Prof. Dr. **R. Straubel**.

Redaktion: Geh. Reg.-Rat Prof. Dr. **St. Lindeck** in Charlottenburg-Berlin.

XXX. Jahrgang. **Oktober 1910.** Zehntes Heft.

Ein neuer Emanationsmeßapparat für direkte Ablesung.

Von

A. Becker.

(Mitteilung aus dem Radiologischen Institut der Universität Heidelberg.)

Unter den Verfahren zur Bestimmung des Emanationsgehaltes von Flüssigkeiten, zu welchen schon vor Jahren das Streben nach leichter Ausführbarkeit der Messung und Handlichkeit und leichter Transportierbarkeit der Apparatur geführt hat, haben namentlich die von H. W. Schmidt[1]) und C. Engler und H. Sieveking[2]) angegebenen bisher allgemeinere Verwendung gefunden. Wenn dieselben auch im wesentlichen den beiden letztgenannten Anforderungen zu genügen vermögen, so kann doch in beiden Fällen die Ausführbarkeit der Messung nicht als einfach bezeichnet werden. Erschwerend wirkt hier neben der durch das starke Auftreten der induzierten Aktivität verursachten Notwendigkeit mehrfacher Korrektionsbeobachtung namentlich die zum großen Teil durch die Verwendung des Blättchenelektroskops und seine bekannten Mängel — unregelmäßiger Gang, relativ geringe und mit der Höhe der Aufladung stark wechselnde Empfindlichkeit — bedingte große Zahl variabler Bestimmungsgrößen, welche das gesuchte Endergebnis immer erst auf dem Wege von zum Teil umständlichen Rechnungen gewinnen lassen.

Das durch die zunehmende Bedeutung radioaktiver Emanationen gesteigerte Bedürfnis nach leichter ausführbaren Meßverfahren hat das Radiologische Institut mit der Aufgabe beschäftigt und mich veranlaßt, ein Instrument zu konstruieren, das jegliche Berechnung zu umgehen gestattet und ohne Zeitmessung eine direkte Ablesung des gesuchten Emanationsgehalts ermöglicht. Seine relativ große Empfindlichkeit einerseits und die fehlende Beeinflussung seiner Angaben durch induzierte Aktivitäten andrerseits ermöglichen in gleicher Weise die Untersuchung sowohl schwacher Aktivitäten gewöhnlicher Quellwässer als starker Aktivitäten künstlich aktivierten Wassers, wie solches beispielsweise neuerdings in wachsendem Maße zu therapeutischen Zwecken benutzt wird. Durch die erreichbare große Genauigkeit der Messung dürfte der Apparat aber vor allem zu einer exakten Festlegung und einwandfreien Reproduzierung eines einheitlichen praktischen Aktivitätsmaßes geeignet sein. Die Ausführung des Apparats, den ich *Emanometer* genannt habe, hat die Firma Günther & Tegetmeyer in Braunschweig übernommen[3]).

[1]) H. W. Schmidt, *Physikal. Zeitschr.* **6.** *S. 561. 1905.*

[2]) C. Engler und H. Sieveking, *Zeitschr. f. Elektrochemie* **11.** *S. 714. 1905; Physikal. Zeitschr.* **6.** *S. 700. 1905.*

[3]) Bei der Ausführung von Vorversuchen waren mir die Hrn. cand. phys. Gersbach und Bloch in dankenswerter Weise behülflich.

1. *Das Meßprinzip.* Die zu untersuchende Flüssigkeit wird in bestimmter, abgemessener Quantität in eine Kanne (Schüttelkanne) eingefüllt, die am Boden mehrere verschließbare Öffnungen besitzt. Ist der Flüssigkeit durch kurzdauerndes Schütteln in der abgeschlossenen Kanne der größte Teil ihrer Emanation entzogen, so wird die Kanne in einen Wasserbehälter eingesetzt und die in ihr befindliche emanationshaltige Luft nach Öffnen der Bodenöffnungen durch das eindringende Wasser durch eine Schlauchverbindung hindurch in einen auf ein Wulfsches Fadenelektrometer[1]) aufgebauten Zerstreuungsraum übergeführt. Als Maß für den Emanationsgehalt dient die im Zerstreuungsraum auftretende Leitfähigkeit, deren Größe durch das mit dem Mikroskop genau verfolgbare Wandern eines Quarzfadens des Elektrometers von einer fixierten Ausgangsmarke bis zu einer nach bestimmter Zeit infolge automatischer Unterbrechung der leitenden Verbindung zwischen Zerstreuungsraum und Elektrometer sich fest einstellenden Endlage auf der Mikrometerskale des Mikroskops gegeben ist. Zur Überführung der Skalenangabe in das für Emanationsmessungen übliche Maß bedarf es dann nur der Kenntnis eines Faktors, der durch die für alle Fälle konstant bleibenden Größen der Zeit, der Kapazität und Spannungsempfindlichkeit des Meßinstruments und des Volumenverhältnisses zwischen Schüttelkanne und Zerstreuungsraum ein für allemal bestimmt wird und im übrigen in einfacher Weise von der Quantität der untersuchten Flüssigkeit abhängt (vgl. Abschn. 6).

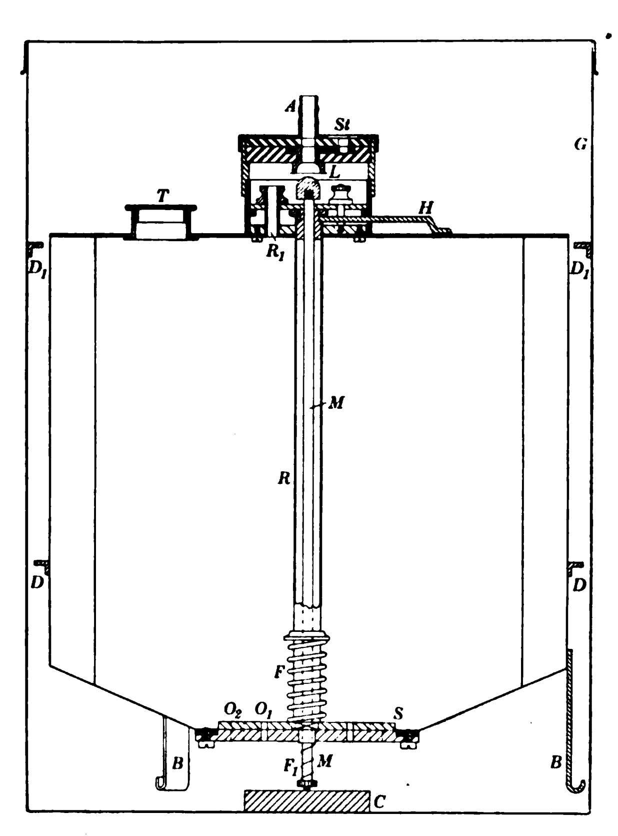


Fig. 1 (1/3 nat. Gr.).

2. *Die Schüttelkanne.* Die Konstruktion der Schüttelkanne wird aus Fig. 1 ersichtlich. Dieselbe ist aus Blech gefertigt und besitzt 4 Liter Inhalt und etwa 6 Liter äußeres Volumen. Ihr Boden ist abgeschrägt und wird im mittleren Teil von zwei aufeinander geschliffenen, dicken Metallscheiben abgeschlossen, die im Kreise angeordnet je 4 koinzidierende Bohrungen O_1 von 0,2 *cm* Durchmesser und 6 Bohrungen O_2 von 0,5 *cm* Durchmesser besitzen. Die obere Scheibe S ist am unteren Ende einer Rohrdurchführung R befestigt und kann von oben mittels des Hebels H in drei auf der Oberseite der Kanne markierte Lagen derart gedreht werden, daß entweder die engen oder die weiten Bohrungen geöffnet sind oder der Boden ganz abgeschlossen ist. Durch die Feder F, welche die Scheiben aneinander preßt, wird ein dichter

[1]) Vgl. Th. Wulf, *Physikal. Zeitschr.* **8.** *S. 246 u. S. 527. 1907;* Referat in *dieser Zeitschr.* **27.** *S. 259. 1907.*

Abschluß gesichert. Der Tubus T dient zum Einfüllen der zu untersuchenden Flüssigkeit. Die Bodenöffnungen sind in diesem Falle geschlossen, und die Kanne kann mit drei unten angefügten Füßen B auf einer ebenen Unterlage stehen.

Nach kurzdauerndem Schütteln setzt man die Kanne in einen weiteren Wasserbehälter ein und öffnet die vier engen Bohrungen O_1. Als Wasserbehälter vermag jedes größere Gefäß zu dienen; mit Vorteil aber bedient man sich eines für den besonderen Zweck angefertigten Behälters G, der ein gleichmäßiges Eintauchen der Kanne gewährleistet. Die durch das allmählich einfließende Wasser verdrängte emanationshaltige Luft gelangt durch die Röhre R_1 nach dem Schlauchansatzstück A, von wo sie durch einen angesetzten Schlauch nach dem Zerstreuungsraum übergeführt wird. Der untere Teil L der Ausmündungsröhre ist von A durch Hartgummi isoliert und wird durch die eine Leitung eines Doppelkabels, das mittels Doppelstöpsels St am oberen Mittelteil der Kanne befestigt ist, während der ganzen Versuchsdauer auf Spannung gehalten, während der gesamte übrige Teil der Kanne durch die zweite Leitung des Kabels geerdet ist. Die emanationshaltige Luft passiert dadurch vor ihrem Eintritt in den Meßraum ein elektrisches Feld, das genügt, alle in der Kanne gebildeten Elektrizitätsträger abzufangen. Die im Zerstreuungsraum meßbare Leitfähigkeit ist in diesem Falle ausschließlich verursacht durch die Gegenwart der zu messenden Emanation und völlig unabhängig von jeder sonst in der Schüttelkanne etwa vorhandenen trägerbildenden Ursache, namentlich von der im Laufe der Zeit etwa in merklichem Betrag auftretenden induzierten Aktivität oder primärer radioaktiver Substanz, wie sie von manchen Wässern könnte mitgeführt werden.

Ist sämtliche Luft aus dem Inneren der Schüttelkanne verdrängt, so sinkt die Kanne bei den gewählten Abmessungen unter — das Wasserniveau im äußeren Behälter muß hierfür mindestens die Höhe der Kanne erreichen — und ein Metallstab M, der durch die Röhre R hindurchgeführt ist, wird durch Auftreffen auf die Erhöhung C im Wasserbehälter so weit nach oben gedrückt, bis sein oberes Ende den Rohrteil L berührt. Dadurch wird einerseits die Röhre A gegen Wasser abgeschlossen, andrerseits eine leitende Verbindung zwischen der Kanne, mit der der Stab in allen seinen Teilen in Berührung steht, und dem auf Spannung befindlichen Rohrteil L hergestellt, welche einen elektrischen Strom auslöst, der die oben erwähnte automatische Unterbrechung am Meßinstrument bewirkt (vgl. Abschn. 4). Die Zeitdauer der Leitfähigkeitsmessung ist darnach gegeben durch die Zeit, welche zur vollständigen Verdrängung der Luft aus der Schüttelkanne bei den gewählten Dimensionen der letzteren erforderlich ist.

Wird die Schüttelkanne mit Hülfe des an ihrem Oberteil angebrachten Handgriffs (vgl. Fig. 4) gehoben, so zieht eine schwache Feder F_1 den Kontaktstab M in seine ursprüngliche Lage, und das unten ausfließende Wasser führt frische Luft durch den Zerstreuungsraum hindurch in die Schüttelkanne. Durch Öffnen der sechs weiten Bohrungen O_2 am Boden kann die Ausflußzeit auf etwa $^3/_4$ Minuten abgekürzt werden; die Kanne kann hierbei mit Hülfe von Ansätzen D auf entsprechende Ansätze D_1 am Wasserbehälter aufgesetzt werden.

3. *Das Meßinstrument.* Die konstruktive Ausbildung des der Leitfähigkeitsmessung dienenden Instruments zeigt Fig. 2. An Stelle des Blattelektroskops findet das Fadenelektrometer nach Wulf Anwendung, dessen Vorteile — gleichmäßiger Gang, exakte Einstellung und namentlich die große und für alle anwendbaren Spannungen sehr nahe völlig gleichartige Empfindlichkeit — für die Konstruktion eines Emanationsmeßapparates für direkte Ablesung von grundlegender Bedeutung

sind. Dasselbe ist fest auf die Grundplatte P von $19{,}5 \times 16{,}5$ *qcm* Fläche aufmontiert und trägt über einem aufgesetzten Zwischenstück c das abnehmbare Zerstreuungsgefäß Z, dessen Innenraum elektrisch durch zwei feinmaschige Drahtnetze N_1 und N_2 abgegrenzt wird. Die von der Schüttelkanne kommende Luft tritt durch die Ansatzröhre A_1 in den Zerstreuungsraum ein und verläßt denselben durch mehrere am Oberteil des Metallzylinders angebrachte Öffnungen, die sich durch Drehen einer mit koinzidierenden Öffnungen versehenen Metallkappe K verschließen lassen zum Zwecke etwa gewünschter besonderer Messungen im abgeschlossenen Gasraum.

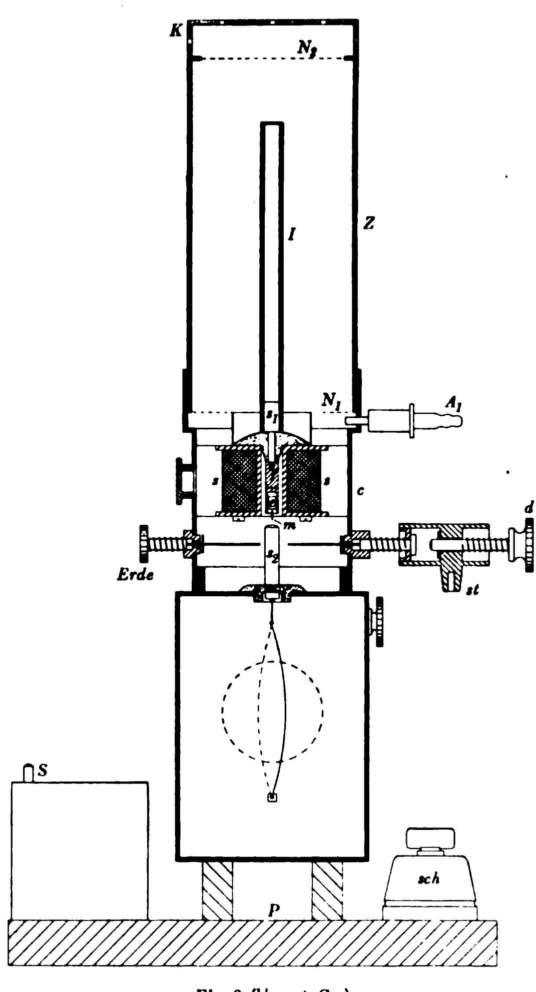


Fig. 2 (1/2 nat. Gr.).

Die Innenelektrode I sitzt abnehmbar auf dem Metallstift s_1, der durch Bernstein isoliert ist und unten einen kurzen Stab f aus weichem Eisen trägt, der den isoliert stehenden Kern einer Drahtspule s bildet. Die Fortsetzung dieses Kerns nach unten bildet eine kurze Messingröhre, in der ein kurzer Eisenzylinder e auf- und abgleiten kann. Ist die Spule stromlos, so liegt e mit seiner eingeschraubten Messingspitze m auf dem Fadenträger s_2 des Elektrometers und verbindet dieses mit der Elektrode I des Zerstreuungsraumes leitend. Durchfließt dagegen ein Strom die Spule — ein solcher wird durch den oben erwähnten Kontakt in der Schüttelkanne ausgelöst — so wird e nach oben gezogen und damit das Elektrometer gegen den Zerstreuungsraum so lange isoliert, bis nach Ablesung der Fadenstellung die Schüttelkanne aus ihrem Wasserbehälter genommen wird.

Die Ablesung am Elektrometer geschieht mit Hülfe eines stark vergrößernden Mikroskops. Dasselbe enthält in der Bildebene des Objektivs eine gleichmäßig von 0 bis 100 geteilte Skale und wird derart durch Drehung der Schraube g (Fig. 3) auf die Ebene der beiden Fäden eingestellt[1]), daß der eine der Fäden bei geerdetem Instrument etwa auf 100 steht, während der andre nahe, und nach Ladung völlig, außerhalb des Gesichtsfelds bleibt. Die Ladung erfolgt durch Druck auf den Knopf d mit solcher an st angelegten Spannung, daß der sichtbare Faden auf den 0-Punkt der Mikrometerskale kommt.

4. *Die elektrische Anordnung.* Die Verwendung des Instruments ist an das Vorhandensein einer elektrischen Gleichstromquelle von über 100 Volt Spannung gebunden.

[1]) Diese Einstellung geschieht durch die das Instrument herstellende Firma und soll weiterhin vom Benutzer keine Änderung erfahren.

Dasselbe kann namentlich mit Vorteil an eine bestehende Lichtleitung eines städtischen Gleichstromnetzes angeschlossen werden. Wo eine solche nicht vorhanden ist, würde eine Batterie kleiner Akkumulatoren[1]) von etwa 200 Volt ein vollwertiger Ersatz sein.

Die elektrische Schaltung ist aus Fig. 3 zu ersehen, welche den Meßapparat von oben gesehen zeigt. Durch den Stöpsel st_1 wird der Apparat an die Stromquelle angeschlossen, deren Erdleitung direkt mit der Grundplatte und damit mit allen äußeren Metallteilen des Instruments in Verbindung steht. Der Spannungsdraht führt unter der Grundplatte isoliert über den einpoligen Schalter *sch* (vgl. auch Fig. 2) nach der Fassung einer Glühlampe *l*, von hier nach der Klemme k_1 eines großen Widerstands *W*, dessen andres Ende mit der Erde in Verbindung steht, während von seiner mit einem Gleitkontakt *S* verbundenen Klemme k_2 ein Draht zur Ladevorrichtung *d* führt. Eine Abzweigung von k_1 führt durch die Drahtspule *s* (Fig. 2) nach der Stöpseldose und von hier durch einen zweiten Stöpsel st_2 zur Schüttelkanne. Sämtliche Verbindungen sind derart ausgeführt, daß eine Berührung spannungsführender Teile ausgeschlossen ist.

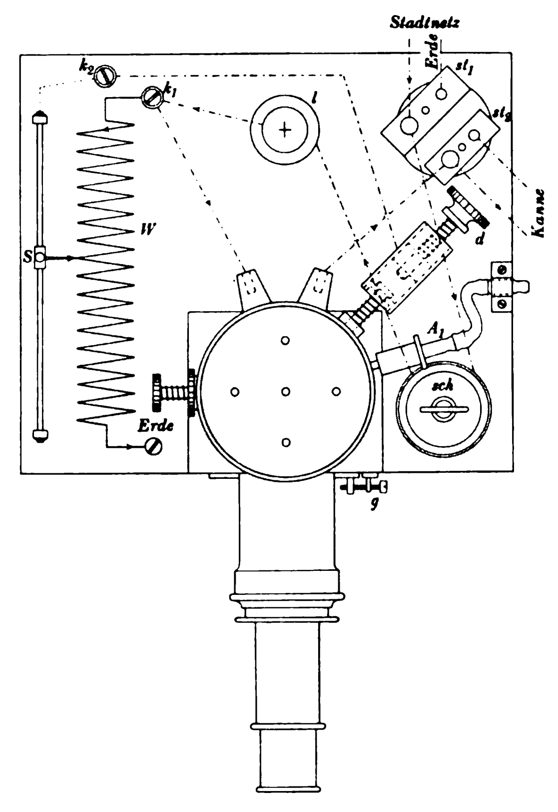


Fig. 3 (1/2 nat. Gr.).

Wird der Schalter *sch* geschlossen, so durchfließt ein schwacher Strom die Glühlampe *l* und den Widerstand *W*, und die Lampe glüht schwach dunkelrot. An der Ladevorrichtung liegt dann eine Spannung, deren Größe innerhalb weiter Grenzen durch Verschieben des Gleitkontakts *S* variiert werden kann. Man reguliert diese Spannung derart, daß der eine Rand des Fadens im Mikroskop genau auf 0 zu stehen kommt[2]). Wird in der Schüttelkanne der Kontaktstab gehoben, so durchfließt ein relativ starker Strom (von etwa 0,3 Amp.) die Magnetspule, das Elektrometer wird isoliert, und die Glühlampe leuchtet hell und kündet dadurch die Beendigung der Messung an.

5. Für die *Ausführung der Messung* mit dem beschriebenen Apparat, dessen äußeres Bild die umstehende Fig. 4 zeigt, ergibt sich nach vorstehendem folgender Gang:

a) Einstellen des Hebels *H* der Schüttelkanne auf Marke 1 (Abschluß der Bodenplatte) und Einfüllen einer abgemessenen Menge Wassers durch den oberen Tubus *T*.

b) Schütteln der abgeschlossenen Kanne während einer halben Minute und Einsetzen in den Wasserbehälter.

---

[1]) wie sie etwa die Firma M. Bornhäuser in Ilmenau liefert.

[2]) Dies wird bei 125 Volt angelegter Spannung erreicht.

c) Schließen des Schalters *sch* (die Glühlampe glüht schwach), Eindrücken des Ladeknopfs *d* und Einstellen des einen (linken) Fadenrands auf 0 durch Regulierung bei *S*.

d) Einstellen des Hebels *H* der Schüttelkanne auf Marke 2 (Öffnen der engeren Bodenlöcher. Die Kanne sinkt jetzt allmählich in das Wasser des äußeren Behälters ein. Eine Beobachtung während dieser Zeit ist nicht erforderlich.)

e) (Die Glühlampe leuchtet hell.) Ablesen der Endeinstellung des jetzt im Mikroskop[1]) stillstehenden Fadens, Einstellung des Hebels der Schüttelkanne auf Marke 3 und Herausheben der Kanne aus dem Wasserbehälter.

6. Zur *Gewinnung des gesuchten praktischen Maſses für den Emanationsgehalt* der untersuchten Flüssigkeit, für welches bisher der 1000-fache Betrag des von der gesamten Emanation eines Liters der Flüssigkeit in Luft unterhaltenen Sättigungsstroms in statischen Einheiten angenommen worden ist, bedarf es lediglich der Kenntnis eines schon im obigen (vgl. Abschn. 1) erwähnten Faktors, welcher die Endangabe des Instruments unmittelbar in dieses Maß überführt. Derselbe ist für jedes Instrument eine Konstante und ergibt sich in einfacher Weise durch quantitative Betrachtung der elektrischen Verhältnisse.

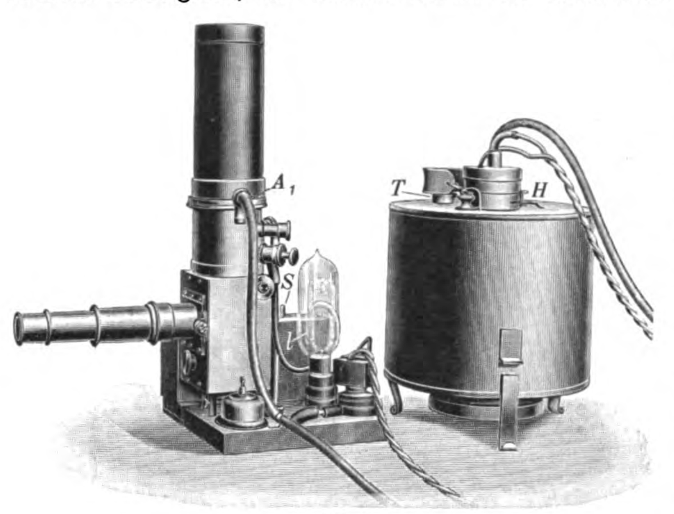


Fig. 4.

Besonders einfach liegen diese Verhältnisse durch das Bestehen einer völlig genauen Proportionalität zwischen Spannung und Ausschlag des Quarzfadens innerhalb des ganzen für die Messung in Betracht kommenden Skalenbereichs von 0 bis nahe 100, wie aus der für ein spezielles Instrument geltenden Eichkurve *1* der Fig. 5 hervorgeht; es entsprechen hier jeweils 1,193 Volt der Skalenstrecke 1.

Vorausgesetzt ist bei der Leitfähigkeitsmessung, daß in allen Fällen die angelegte Spannung genüge, den Sättigungsstrom zu unterhalten. Mit welcher Annäherung dies zutrifft, zeigen die Kurven *2*, *3* und *4* der Fig. 5. Sie geben die Wanderung des Quarzfadens pro Minute für variable Spannung, und zwar *2* und *3* für den Fall der Leitfähigkeitserzeugung durch ein ausgeglühtes, völlig emanationsfreies, schwach radioaktives Präparat aus Kreuznach, das in zwei verschiedenen Quantitäten in einem geeigneten Metallbehälter in den Zerstreuungszylinder gebracht war, Kurve *4* für den Fall, daß emanationshaltige Luft, die schon einige Zeit im Zerstreuungsraum sich befand, die Ursache der Leitfähigkeit war. Man erkennt, daß für schwache Leitfähigkeit innerhalb eines großen Bereichs sehr nahe Sättigungsstrom besteht, der sich, wie zu erwarten war, bei zunehmender Leitfähigkeit immer mehr auf die größeren Spannungswerte beschränkt.

[1]) Das Ablesen kann beliebige Zeit nach Aufhellung der Glühlampe erfolgen; eine dauernde Überwachung des Apparats und Einhalten bestimmter Zeiten für die Messung ist also nicht erforderlich. Baldige Ablesung ist allerdings zu empfehlen, damit stärkere Infektion des Meßraums durch induzierte Aktivität vermieden bleibe.

Zu beachten sind demgegenüber die Kurven *5* bis *7*. Sie zeigen das Wandern des Quarzfadens pro Minute, das beobachtet wird unmittelbar nach Einführen emanationshaltiger Luft in das Zerstreuungsgefäß bei abgeschlossenen Ausströmungsöffnungen. Es findet sich innerhalb der für die Messungen in Betracht kommenden Zeiten und Skalenbereiche eine völlige Konstanz des Spannungsverlusts pro Zeiteinheit, was andeutet, daß in allen Fällen, sowohl bei schwachen als bei starken Leitfähigkeiten, die durch das zu erwartende Auftreten induzierter Aktivität im Zerstreuungsgefäß anwachsende Leitfähigkeit gerade kompensiert wird durch die in den Kurven *2* bis *4* zum Ausdruck gebrachte Erniedrigung der Stromstärke mit abnehmender Spannung. *Das Auftreten der induzierten Aktivität während einer Messung der Emanation besitzt daher keinerlei Einfluſs auf diese Messung.* Es ist dies als ein besonderer Vorteil des neuen Apparats gegenüber den bisher benutzten anzusehen, bei denen die wegen der induzierten Aktivität erforderlichen Korrektionen nicht nur eine Erschwerung, sondern eine wesentliche Beeinträchtigung der Genauigkeit der Messung verursachen.

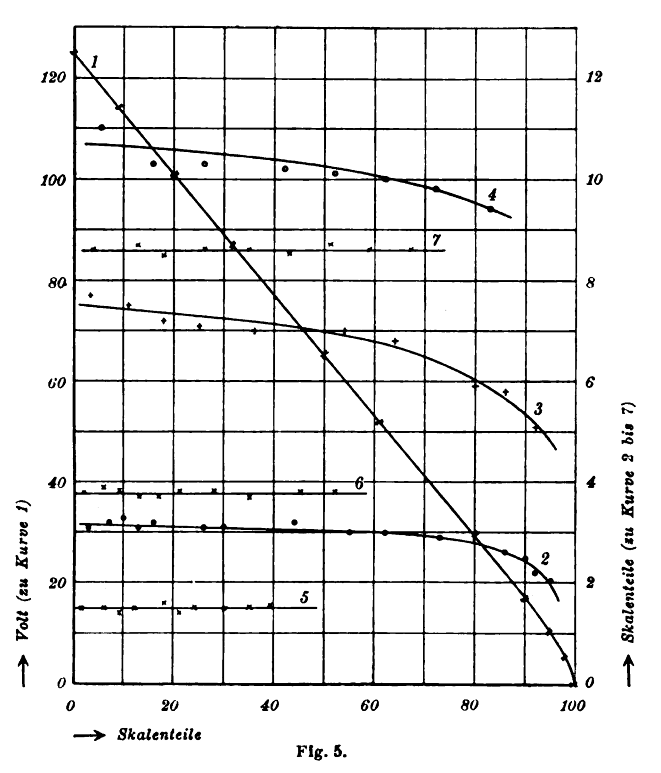


Fig. 5.

Einen kleinen Einfluß vermag die induzierte Aktivität dagegen auszuüben, falls sie schon *vor* Ausführung eines Versuchs — von früheren Versuchen herrührend — in merklichem Betrag vorhanden war. Ist nach Ausführung einer Messung einer stark aktiven Flüssigkeit etwa eine halbe Stunde verstrichen, so wird der Einfluß kaum von Bedeutung sein. Er ist auch sehr wesentlich dadurch abzuschwächen, daß die Innenelektrode des Zerstreuungsraums stets negativ aufgeladen wird, sodaß sich an ihr im wesentlichen die induzierte Aktivität absetzt, und daß man nach jeder Messung starker Aktivitäten die Innenelektrode gegen eine andere auswechselt. Es werden zu diesem Zweck dem Apparat mehrere solche Elektroden beigegeben. Wo es auf sehr genaue Bestimmungen ankommt, und namentlich vor der Untersuchung schwacher Aktivitäten, wird immerhin die vorherige Ermittlung des „Normalverlusts" mittels der leeren oder mit inaktivem Wasser beschickten Kanne notwendig sein. Der gefundene Endwert ist dann vor Ausführung der Multiplikation von dem späteren Endwert zu subtrahieren.

Versucht man nun, diesen Endwert mit Hinzunahme der Meßdauer zur Ermittlung der elektrischen Stromstärke zu verwerten, so ist noch dem Umstand Rechnung zu tragen, daß die aus der Schüttelkanne kommende Luft nicht von vornherein den Zerstreuungsraum gleichmäßig erfüllt. Die Leitfähigkeit bleibt anfangs unter dem richtigen Wert und erreicht erst nach einiger Zeit (etwa nach 2 Minuten) eine kon-

stante Größe. Die nähere Betrachtung des Ansteigens der Wirkung zeigt, daß man durch Multiplikation des beobachteten Endwerts mit einem für alle verschieden starken Aktivitäten konstanten Faktor (bei dem speziellen Instrument 1,11) denjenigen Skalenwert erhält, der sich einstellen würde, wenn die Zusammensetzung des Gases im Zerstreuungsraum während der ganzen Versuchsdauer dieselbe wäre.

Für die Aktivität der untersuchten Flüssigkeit ergibt sich darnach bei Benutzung bekannter Beziehungen für unsren Apparat:

$$1000\,i = \frac{1000}{W}\,\frac{1{,}11\,K\cdot S\cdot C}{300\cdot 60\cdot Z}\left(1+\frac{\alpha W}{L_K}\right)\cdot\frac{L_K}{L_Z}\cdot 1000 \text{ Mache-Einheiten},$$

ein Ausdruck, der nach Duane[1]) noch mit $\frac{1}{1-0{,}52\,S_Z/L_Z}$ zu multiplizieren ist, um denjenigen Wert der Leitfähigkeit zu erhalten, der bei günstigster Ausnutzung der Strahlung im Zerstreuungsraum zu erwarten wäre. Es ist

S der beobachtete Endwert im Mikroskop, gegebenenfalls nach Abzug des Normalverlusts,
K der Faktor, der diesen in Volt überführt, 1,193,
C die Kapazität des Meßapparats, 12,4 *cm*,
Z die Eintauchzeit der Kanne in Minuten, 5 Minuten 40 Sekunden,
W die benutzte Menge aktiven Wassers in *ccm*,
L_K das Luftvolumen in der Schüttelkanne, $(4050 - W)$ *ccm*,
L_Z das Volumen des Zerstreuungsraums, 480 *ccm*,
S_Z die innere Oberfläche des letzteren, 362 *qcm*,
α der Absorptionskoeffizient der Flüssigkeit für Emanation, 0,23 für Radiumemanation und Wasser bei den meist vorkommenden Temperaturen in der Nähe von 20°[2]).

Der gesuchte Faktor

$$F = \frac{1000}{W}\,\frac{1{,}11\,K\cdot C}{300\cdot 60\cdot Z}\left(1+\frac{\alpha W}{L_K}\right)\frac{L_K}{L_Z}\,\frac{1}{1-0{,}52\,S_Z/L_Z}\cdot 1000$$

wird mit den genannten Werten bei Verwendung von 200 *ccm* der Flüssigkeit 10,7 und von 214 *ccm* genau 10, sodaß für diesen Fall die Multiplikation der abgelesenen Skaleneinstellung mit 10 direkt den Emanationsgehalt des untersuchten Wassers in Mache-Einheiten angibt. Das Meßinstrument vermag in diesem Fall Aktivitäten von etwa 5 bis 800 M.-E. mit Sicherheit nachzuweisen. Die Verwendung von 1130 *ccm* Flüssigkeit würde den Faktor 2 liefern und sonach zur genauen Ermittelung von Aktivitäten bis etwa 1 M.-E. führen. Dem Instrument werden von der ausführenden Firma entsprechende, jeden Emanationsverlust bei der Einfüllung ausschließende Meßgefäße beigegeben, in denen auch, falls sehr starke Aktivitäten zu messen wären, die notwendigen Verdünnungen mit inaktivem Wasser ausgeführt werden können. Für die Bestimmung sehr schwacher Aktivitäten wäre die Abschaltung des Magnetstroms und länger dauernde Zeitbeobachtung möglich.

7. Die folgende Tabelle enthält eine Reihe Beobachtungen, welche ich ausgeführt habe mit Benutzung verschiedener Verdünnungen des Wassers eines von der Kreuznacher Salinenverwaltung dem Radiologischen Institut geschenkten Trink-

[1]) W. Duane, *Journ. de phys.* **4.** *S. 605. 1905.*
[2]) R. Hofmann, *Physikal. Zeitschr.* **6.** *S. 337. 1905.*

wasseraktivators nach Hrn. Salinendirektor Neumanns Konstruktion. Gleiche Proben desselben Wassers wurden zum Vergleich gleichzeitig mit Hülfe des Fontaktoskops von Engler und Sieveking untersucht. Benutzt sind in beiden Fällen jeweils 214 *ccm* Flüssigkeit, bestehend aus einer in der zweiten Spalte angegebenen Quantität aktiven Wassers und einer entsprechenden Quantität gewöhnlichen Leitungswassers, das selbst sich nicht merklich aktiv erwies. Die Versuche beanspruchen keine sehr hohe Genauigkeit, da eine Verringerung des Einflusses induzierter Aktivität bei den fortlaufend ausgeführten Messungen absichtlich, um deren Höhe in ungünstigen Fällen zu zeigen, nicht erstrebt wurde.

Tabelle:

Nr.	Akt. Wasser auf 214 ccm Mischung	Emanometer					Fontaktoskop			
		a	b		c	d	e	f	g	$\frac{g}{c-a} = F$
		Normalverlust	Meßdauer		Skalenendwert	Emanationsgehalt	Spannungsverlust pro Min.	Indus. Akt. pro Min.	Emanationsgehalt	
	in ccm	in Sk.-Teil.	Min.	Sek.	S	in M.-E.	in Volt	in Volt	in M.-E.	
1	10	0,8	5	37	4,4	36	12,2	2,2	36,4	10,1
2	20	2,1	5	40	9,4	73	36,8	18,7	66,7	9,1
3	30	2,4	5	41	13,3	109	51,2	18,4	121	11,1
4	30	1,5	5	40	12,6	111	37,5	6,3	115	10,3
5	50	1,7	5	36	19,5	178	67,2	16,8	183	10,3
6	50	2,7	5	40	20,3	176	61,5	13,5	169	9,6
7	50	3,0	5	42	20,7	177	54,1	4,2	184	10,4
8	100[1])	3,3	5	42	38,9	356	24,9	2,8	370	10,4
9	150[1])	2,8	5	40	56,9	541	35,7	5,5	521	9,6
									Mittel:	10,1

Die Angaben der Spalte b zeigen, mit welcher Annäherung die Zeit des Eintauchens der Schüttelkanne bis zur Kontakteinstellung als konstantes Zeitmaß benutzt werden kann. Der Emanationsgehalt unter d ist erhalten durch Multiplikation der Differenzen der sich entsprechenden Werte der Spalten c und a mit 10. Es zeigt sich eine sehr befriedigende Proportionalität der Ergebnisse mit dem absoluten Emanationsbetrag des benutzten Wassers. Bemerkenswert ist der Vergleich der Emanometerangaben mit den Daten der Spalte g, welche — um auch hier nach Duane die unvollständige Ausnutzung der Strahlung im Meßraum zu berücksichtigen[2]) — durch Multiplikation der auf dem üblichen Wege durch Rechnung gewonnenen Daten mit dem Faktor $f = \frac{1}{1-0{,}52\,S/L} = 1{,}15$ erhalten sind. Wenn es auch zweifelhaft bleibt, ob die Duanesche Beziehung auf alle Verhältnisse allgemein anwendbar ist[3]), so ist doch das in der letzten Spalte verzeichnete Ergebnis beachtenswert, welches erkennen läßt, daß die Zurückführung der Emanometerangaben auf die Meßresultate des Fontaktoskops nahe zum gleichen Reduktionsfaktor führt, der aus den Konstanten des Emanometers allein zu gewinnen war. Diese Übereinstimmung in den Angaben beider Meßinstrumente ist für Aktivitätsmessungen

---

[1]) Zur Messung im Fontaktoskop ist in diesen beiden Fällen jeweils eine auf $^1/_5$ verdünnte Probe benutzt worden. Das Endergebnis ist aber auf das konzentriertere Wasser umgerechnet.

[2]) Vgl. Abschn. 6.

[3]) Dieselbe wird jedenfalls der bekannten Tatsache, daß die Empfindlichkeit des Fontaktoskops durch Ersatz des meist benutzten Zerstreuungszylinders durch einen dünnen Stab wesentlich vermindert wird, nicht gerecht.

ein Vorteil, den die Verwendung der beiden älteren Instrumente bisher hat vermissen lassen.

Zu erwähnen bleibt noch, daß der neue Apparat außer zu Messungen des Emanationsgehalts von Wässern zu allen sonst in Frage kommenden Aktivitätsmessungen geeignet ist, und daß hierbei das Fadenelektrometer dem sonst benutzten Blattelektroskop gegenüber wesentliche Vorteile bieten wird. Zur Untersuchung der Aktivität fester Körper, die sich in exakter Weise bei verschlossenem Zerstreuungsraum und Ausschaltung der Schüttelkanne ausführen läßt, wird dem Apparat eine in das Zerstreuungsgefäß passende Metallschale beigegeben.

Das große Interesse, das Hr. Geheimrat Lenard der Konstruktion des Apparats entgegengebracht hat, verpflichtet mich zu besonderem Danke.

Heidelberg, den 2. August 1910.

Eine neue Konstruktion von Korrektionslinsen.

Von
Dr. **Hans Boegehold** in Jena.
(Mitteilung aus der optischen Werkstätte von Carl Zeiss.)

In neuerer Zeit ist der Firma C. Zeiss häufig der Auftrag gegeben worden, ein Zusatzsystem zu konstruieren, durch das ein für ein bestimmtes Wellenlängenpaar chromatisch korrigiertes Objektiv für ein anderes korrigiert wird. Der häufigste Fall ist der, daß das Objektiv für visuelle Beobachtungen angefertigt, also die Linien C und F vereinigt sind, und eine Korrektion für photographische Zwecke verlangt wird. Doch ist es auch vorgekommen, daß ein photographisches Objektiv für orthochromatische Platten benutzt werden sollte. In diesem Falle muß chromatisch überkorrigiert, im ersten unterkorrigiert werden.

Zu diesem Zwecke haben Christie 1887 (*The Observatory* ***10.*** *S. 254*), Keeler 1895 (*Astrophys. Journ.* ***1.*** *S. 101*) und Schröder 1896 (*Phot. Mitt.* ***33.*** *S. 24*) sogenannte homofokale Linsen empfohlen, die aus zwei unmittelbar hinter einander angebrachten Linsen von entgegengesetzt gleicher Brennweite, aber verschiedener Dispersion bestehen. H. C. Lord (*Astrophys. Journ.* ***6.*** *S. 87. 1897*) hat solche Linsen zu spektrographischen Zwecken benutzt. Falls man keinen Wert darauf legt, daß die Brennweite des Systems ungeändert bleibt, kann man auch eine einfache Linse nehmen (Newall, *Monthly Not.* ***54.*** *S. 379*).

Diese Konstruktion genügt allen Forderungen an chromatische Korrektion, wenn sie unmittelbar vor oder hinter das Hauptsystem gestellt wird.

Häufig wird aber aus technischen Gründen verlangt, daß sich das Korrektionssystem zwischen dem Objektiv und dessen Brennpunkt und ziemlich nahe am letzteren befindet. In diesem Falle kann man durch die homofokale Linse zwar die Aberration in der Achse beseitigen, es tritt aber dann, wie übrigens von sämtlichen Erfindern bemerkt wird, eine Differenz der Brennweiten, d. h. eine chromatische Vergrößerungsdifferenz, ein.

Es sei für die beiden in Betracht kommenden Farben die Schnittweite nach dem Durchgang durch das Hauptsystem s'_I und s'_{II}, die Brennweite f_I und f_{II}; das Korrektionssystem, das wir als unendlich dünn annehmen, habe von der letzten Fläche des Hauptsystems den Abstand a. Die Schnittweiten vor dem Durchgang sind $s'_I - a$,

$s'_{II} - a$, nachher beide gleich, etwa $s'_I - a$. Die Brennweite des Gesamtsystems ist für die erste Farbe f_I, für die zweite

$$f_{II} \frac{s'_I - a}{s'_{II} - a}.$$

Für ein gewöhnliches achromatisches Objektiv mit visueller Korrektion hat man bei 1000 *mm* Brennweite von F bis $\lambda = 0{,}405\,\mu$ eine Überkorrektion von etwa 5 *mm*. Die Korrektionslinse stehe 250 *mm* vom Brennpunkt entfernt. Es wird dann die Brennweite des Gesamtsystems für F 1000 *mm*, für $\lambda = 0{,}405\,\mu$ $1005 \frac{250}{255} = 985{,}3$ *mm*. Dies gibt eine Vergrößerungsdifferenz von 1,5%. D. h., schon bei 1 *cm* Abstand von der Mitte der Platte hat man eine Zerstreuungsfigur von 0,15 *mm*. Diesem Abstand entspricht bei 1000 *mm* Brennweite ein objektseitiger Winkel von 0,6°, Gesichtsfeld von 1,2°. Ohne Korrektionslinse wäre beim Öffnungsverhältnis 1:15 ein Zerstreuungskreis von $^5/_{15} = 0{,}33$ *mm* Durchmesser vorhanden. Bei einer Ausdehnung der Platte auf 4,4 *cm* Durchmesser wäre also am Rande der Fehler mit Korrektionslinse schon so groß als ohne diese, und er ist überhaupt so groß, daß die Linse nur bei sehr kleinem Gesichtsfelde brauchbar wäre.

Geringer wird er natürlich bei apochromatischen Objektiven. Ein dreilinsiges Objektiv aus Fernrohrkron und Fernrohrflint (Objektiv Lit. B) von 2303 *mm* Brennweite hatte nach Messungen von Hrn. Dr. Villiger, während es für sichtbare Strahlen korrigiert war, von F bis $\lambda = 0{,}405\,\mu$ eine Überkorrektion von 2 *mm* (man kann für Schnittweite und Brennweite das gleiche annehmen). Es ist

$$f_I = 2303\ mm, \qquad f_{II} = 2305\ mm,$$
$$s'_I = 2282\ „, \qquad s'_{II} = 2284\ „.$$

Nimmt man die homofokale Linse 600 *mm* vom Brennpunkte entfernt an, so wird die Brennweite des Gesamtsystems für F 2303 *mm*, für $\lambda = 0{,}405\,\mu$ $2305 \frac{600}{602} = 2297$ *mm*. Die Vergrößerungsdifferenz ist also 0,26%. Bei 8 *cm* Abstand von der Mitte der Platte gibt dies immerhin noch eine Zerstreuungsfigur von 0,2 *mm*. Der Zerstreuungskreis ohne Anwendung der Korrektionslinse hat bei 1:15 Öffnung einen Durchmesser von $^2/_{15} = 0{,}13$ *mm*.

Es ändert sich nichts, wenn man, statt Schnittweite und Brennweite ungeändert zu lassen, einen andern Wert für sie verlangt. Es sei die schließliche Schnittweite für beide Farben S', so sind die Brennweiten $f_I \frac{S'}{s_I - a}$ und $f_{II} \frac{S'}{s_{II} - a}$, also ihr Verhältnis dasselbe wie oben.

H. C. Lord, dessen Objektiv 4550 *mm* Brennweite hatte, und der seine Korrektionslinse 1011 *mm* vom Brennpunkte aufstellte, gibt an, daß ein Gesichtsfeld von 5,3 *mm* = 4' auf der Objektseite deutlich war. Für seine Zwecke war dies freilich genügend.

Daß sowohl die Schnittweite als auch die Brennweite für beide Farben dieselben sind, kann man nur dadurch erreichen, daß man die beiden Linsen des Korrektionssystems nicht unmittelbar hinter einander schaltet. Nimmt man wieder unendlich dünne Linsen an, setzt den Abstand der ersten Linse vom Hauptsystem a, den der beiden Korrektionslinsen δ, ferner die Schnittweiten für die beiden Farben nach dem Durchgang durch die erste Linse S_I und S_{II}, nach dem Durchgang durch das ganze System die für beide Farben gleiche Schnittweite S', so werden die Brennweiten

$$S' \frac{S_I}{S_I - \delta} \frac{s'_I}{s'_I - a} \frac{F_I}{s'_I} \quad \text{und} \quad S' \frac{S_{II}}{S_{II} - \delta} \frac{s'_{II}}{s'_{II} - a} \frac{F_{II}}{s'_{II}}.$$

Nimmt man an, das Hauptsystem sei, wie gewöhnlich, überkorrigiert, dann ist $\frac{s'_I}{s'_I - \alpha} > \frac{s'_{II}}{s'_{II} - \alpha}$; ferner ist bei einem astronomischen Objektiv nahezu $\frac{F_I}{s_I} = \frac{F_{II}}{s_{II}}$.

Also muß $\frac{S_I}{S_I - \delta} < \frac{S_{II}}{S_{II} - \delta}$ sein, folglich $S_I > S_{II}$. Die erste Linse muß eine Unterkorrektion herstellen, ist also eine Sammellinse. Die zweite Linse muß die Schnittweiten wieder gleich machen, also eine Zerstreuungslinse sein.

Wenn verlangt wird, daß der Bildort durch das Korrektionssystem nicht geändert werden soll, also $S' = s'_I - \alpha - \delta$ ist, so hat man für die Brennweite des Gesamtsystems

$$F' = F_I \frac{s'_I - \delta - \alpha}{s'_I - \alpha} \frac{S_I}{S_I - \delta}.$$

Da die erste Linse eine Sammellinse ist, so ist $S_I < s'_I - \alpha$, woraus folgt

$$\frac{s'_I - \delta - \alpha}{s'_I - \alpha} \frac{S_I}{S_I - \delta} > 1;$$

d. h., wenn der Bildort ungeändert bleiben soll, wird die Brennweite größer. Will man umgekehrt die Brennweite festhalten, so muß die Platte näher herangerückt werden. Häufig kommt es indessen vor, daß man eine von der gegebenen abweichende Brennweite wünscht, z. B. daß zur Vergrößerung des Öffnungsverhältnisses die Brennweite verkleinert werden soll; das Bild rückt dann natürlich erst recht näher heran.

Es ist selbstverständlich, daß, wenn die Korrektionslinse einmal nicht eine Überkorrektion, sondern eine Unterkorrektion beseitigen soll, die Zerstreuungslinse vorangehen muß und bei ungeändertem Bildort die Brennweite verkleinert wird.

Es sollen nun Formeln zur Bestimmung der Linsen in einem vorgeschriebenen Falle abgeleitet werden. Im folgenden nennen wir die reziproken Brennweiten des Hauptsystems für beide Farben φ_0 und φ_0'. φ sei die reziproke Brennweite des Gesamtsystems, die für beide Farben gleich sein soll und vorgeschrieben sei. Die reziproken Werte der gesuchten Brennweiten der Korrektionslinsen seien für die erste Farbe φ_1 und φ_2. Für die zweite sind sie dann

$$\varphi_1' = \varphi_1 \left(1 + \frac{1}{N_1}\right) \quad \text{und} \quad \varphi_2' = \varphi_2 \left(1 + \frac{1}{N_2}\right),$$

wo N_1 und N_2 die reziproken Dispersionen, für die beiden Farben berechnet, sind.

Die Korrektionslinsen nehmen wir wieder als unendlich dünn an und nennen ihren Abstand δ. Für die Vorrechnung kann man mit hinreichender Genauigkeit annehmen, daß der hintere Hauptpunkt des Hauptsystems für beide Farben derselbe ist; die Entfernung der ersten Korrektionslinse von diesem Punkte sei α.

Dann haben wir für φ die beiden Gleichungen

$$\varphi_0 + \varphi_1 + \varphi_2 - \alpha\varphi_0\varphi_1 - \alpha\varphi_0\varphi_2 - \delta\varphi_0\varphi_2 - \delta\varphi_1\varphi_2 + \alpha\delta\varphi_0\varphi_1\varphi_2 = \varphi \qquad 1)$$

$$\varphi_0' + \varphi_1' + \varphi_2' - \alpha\varphi_0'\varphi_1' - \alpha\varphi_0'\varphi_2' - \delta\varphi_0'\varphi_2' - \delta\varphi_1'\varphi_2 + \alpha\delta\varphi_0'\varphi_1'\varphi_2' = \varphi. \qquad 2)$$

Der reziproke Wert des Abstandes des Bildes von der letzten Linse wird für die erste Farbe

$$\frac{\varphi_0 + \varphi_1 + \varphi_2 - \alpha\varphi_0\varphi_1 - \alpha\varphi_0\varphi_2 - \delta\varphi_0\varphi_2 - \delta\varphi_1\varphi_2 + \alpha\delta\varphi_0\varphi_1\varphi_2}{1 - \alpha\varphi_0 - \delta\varphi_0 - \delta\varphi_1 + \alpha\delta\varphi_0\varphi_1},$$

für die zweite

$$\frac{\varphi_0' + \varphi_1' + \varphi_2' - \alpha\varphi_0'\varphi_1' - \alpha\varphi_0'\varphi_2' - \delta\varphi_0'\varphi_2' - \delta\varphi_1'\varphi_2' + \alpha\delta\varphi_0'\varphi_1'\varphi_2'}{1 - \alpha\varphi_0' - \delta\varphi_0' - \delta\varphi_1' + \alpha\delta\varphi_0'\varphi_1'}.$$

Beide Ausdrücke müssen gleich sein, und da die Zähler beide φ sind, so erhalten wir die Gleichung

$$-\alpha\varphi_0 - \delta\varphi_0 - \delta\varphi_1 + \alpha\delta\varphi_0\varphi_1 = -\alpha\varphi_0' - \delta\varphi_0' - \delta\varphi_1' + \alpha\delta\varphi_0'\varphi_1'. \qquad 3)$$

Ist nicht die Brennweite, sondern der Bildort vorgeschrieben, so erhält man ebenfalls drei Gleichungen, und zwar, wenn man den geforderten Abstand vom hintern Hauptpunkte des Hauptsystems mit s' bezeichnet,

$$\begin{aligned}&\varphi_0 + \varphi_1 + \varphi_2 - \alpha\varphi_0\varphi_1 - \alpha\varphi_0\varphi_2 - \delta\varphi_0\varphi_2 - \delta\varphi_1\varphi_2 + \alpha\delta\varphi_0\varphi_1\varphi_2 \\ &= \varphi_0' + \varphi_1' + \varphi_2' - \alpha\varphi_0'\varphi_1' - \alpha\varphi_0'\varphi_2' - \delta\varphi_0'\varphi_2' - \delta\varphi_1'\varphi_2' + \alpha\delta\varphi_0'\varphi_1'\varphi_2' \qquad 1\text{a})\end{aligned}$$

$$-\alpha\varphi_0 - \delta\varphi_0 - \delta\varphi_1 + \alpha\delta\varphi_0\varphi_1 = -\alpha\varphi_0' - \delta\varphi_0' - \delta\varphi_1' + \alpha\delta\varphi_0'\varphi_1' \qquad 2\text{a})$$

$$\alpha + \delta + \frac{1 - \alpha\varphi_0 - \delta\varphi_0 - \delta\varphi_1 + \alpha\delta\varphi_0\varphi_1}{\varphi_0 + \varphi_1 + \varphi_2 - \alpha\varphi_0\varphi_1 - \alpha\varphi_0\varphi_2 - \delta\varphi_0\varphi_2 - \delta\varphi_1\varphi_2 + \alpha\delta\varphi_0\varphi_1\varphi_2} = s'. \qquad 3\text{a})$$

In den Gleichungssystemen 1) bis 3) oder 1a) bis 3a) ist überall

$$\varphi_1' = \varphi_1\left(1 + \frac{1}{N_1}\right) \qquad \varphi_2' = \varphi_2\left(1 + \frac{1}{N_2}\right)$$

einzusetzen. Sie enthalten die Größen φ_0, φ_0', die gegeben sind, ferner α, das auch nahezu bestimmt sein wird, φ oder s', das vorgeschrieben ist. Zur Auswahl hat man innerhalb gewisser Grenzen N_1, N_2, φ_1, φ_2, δ. Wählt man für zwei dieser Größen bestimmte Werte, so lassen sich die übrigen aus den Gl. 1) bis 3) oder 1a) bis 3a) bestimmen, wobei sich freilich erst nachher zeigt, ob man ein System von brauchbaren Werten erhält.

Sind z. B. N_1 und N_2 (d. h. die Glasarten) festgesetzt, so kann man Gl. 1) bis 3) wie folgt linear auflösen.

Man setze

$$1 - \alpha\varphi_0 - \delta\varphi_0 - \delta\varphi_1 + \alpha\delta\varphi_0\varphi_1 = 1 - \alpha\varphi_0' - \delta\varphi_0' - \delta\varphi_1' - \alpha\delta\varphi_0'\varphi_1' = J,$$

so werden die Gl. 1) und 2)

$$\varphi_0 + \varphi_1 - \alpha\varphi_0\varphi_1 + J\varphi_2 = \varphi,$$

$$\varphi_0' + \varphi_1\left(1 + \frac{1}{N_1}\right) - \alpha\varphi_0'\varphi_1\left(1 + \frac{1}{N_1}\right) + J\varphi_2\left(1 + \frac{1}{N_2}\right) = \varphi,$$

woraus

$$\varphi_1 = \frac{A}{C}, \qquad J\varphi_2 = \frac{B}{C},$$

wenn

$$A = \varphi_0' - \varphi_0 + \frac{\varphi - \varphi_0}{N_2},$$

$$B = (1 - \alpha\varphi)(\varphi_0 - \varphi_0') - \frac{1}{N_1}(1 - \alpha\varphi_0')(\varphi - \varphi_0),$$

$$C = \frac{1}{N_2} - \frac{1}{N_1} - \alpha(\varphi_0 - \varphi_0') - \left(\frac{\alpha\varphi_0}{N_2} - \frac{\alpha\varphi_0'}{N_1}\right).$$

Aus φ_1 und φ_1' kann man mit Hülfe von Gl. 3) δ bestimmen:

$$\frac{1}{\delta} = -\frac{1}{\alpha} + \frac{\varphi_1' - \varphi_1}{\varphi_0 - \varphi_0'}\,\frac{1}{\alpha} + \frac{\varphi_0\varphi_1 - \varphi_0'\varphi_1'}{\varphi_0 - \varphi_0'} = -\frac{1}{\alpha} + \varphi_1 + \frac{1}{N_1}\,\varphi_1\,\frac{\frac{1}{\alpha} - \varphi_0'}{\varphi_0 - \varphi_0'}.$$

Damit ist J zu bestimmen, φ_2 aus $J\varphi_2$ und J.

Der Abstand des Bildes von der letzten Fläche ist J/φ. Die Änderung des Bildorts durch die Korrektionslinse beträgt $\varphi_0 - (\alpha + \delta + J/\varphi)$.

Man habe das oben erwähnte Objektiv Lit. B für F und $\lambda = 0{,}405\,\mu$ zu korrigieren, und, um das Öffnungsverhältnis zu steigern, werde verlangt, daß die Brennweite des

Gesamtsystems auf etwa 1410 *mm* herabgedrückt werde. Es sei ferner $a = 1765$. Versuche mit verschiedenen Werten von N zeigen, daß die Sammellinse ein hohes, die Zerstreuungslinse ein niedriges N haben muß. Wählt man die Schottschen Glasarten O 3818 und O 5300, so hat man $N_1 = 67{,}1$, $N_2 = 31{,}3$. Die Auflösung der Gleichungen gibt in diesem Falle

$$\varphi_1 = 0{,}002543 \qquad F_1 = \frac{1}{\varphi_1} = 393{,}3$$

$$\varphi_2 = -0{,}001916 \qquad F_2 = -522{,}0$$

$$\delta = 65{,}25.$$

Es ist nun noch die Durchbiegung der beiden Linsen zu wählen. Hierbei ist die sphärische Korrektion aufrecht zu erhalten und die Sinusbedingung zu erfüllen. Es zeigt sich dann, daß man gleichzeitig eine erhebliche Verbesserung des Astigmatismus erhalten kann.

Die Dicke der Linsen wurde so angenommen, daß man dem Korrektionssystem den Durchmesser des Hauptsystems geben konnte, um ein großes Gesichtsfeld zu bekommen. So wurde folgendes System aufgestellt:

Sammellinse			Zerstreuungslinse		
Erster Radius	257,86	konvex	Erster Radius	600,494	konkav
Zweiter „	868,335		Zweiter „	831,814	
Dicke	30,0		Dicke	9,0	
Brennweite	394,2		Brennweite	— 525,94	

Der Abstand der ersten Fläche vom Hauptsystem wurde zu 1740 *mm* angenommen, der Abstand der ersten Fläche der Negativlinse von der letzten der Sammellinse zu 47,3. Setzt man die oben a und δ genannten Größen als die Abstände der einander zugewandten Hauptpunkte, so erhält man $a = 1766$ *mm*, $\delta = 65{,}0$ *mm*. Das System wurde zunächst trigonometrisch durchgerechnet, wobei die Öffnung des Hauptsystems zu 150 *mm* angenommen wurde; man erhielt dann die folgenden Schnittweiten von der letzten Fläche:

	Achse	Rand
für F'	231,70	231,50
für $\lambda = 0{,}405\,\mu$	231,98	231,80.

Die Brennweite des Gesamtsystems ist für F 1409,87, für $\lambda = 0{,}405\,\mu$ 1410,09 *mm*. Das Bild ist durch das Korrektionssystem um 224 *mm* dem Objektiv genähert.

Die Verbesserung des Astigmatismus und der Bildfeldkrümmung zeigt folgende Tabelle:

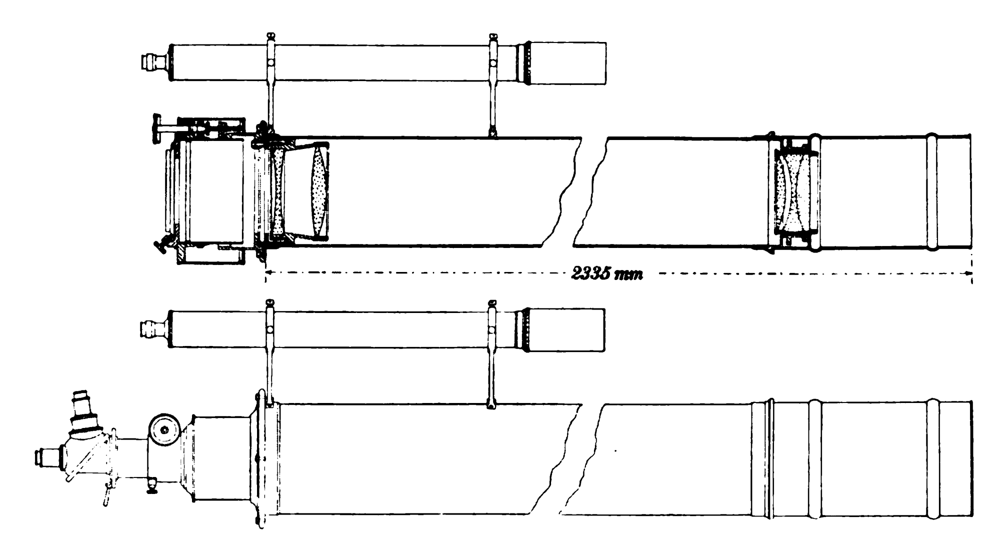
Objektseitiger Winkel des Hauptstrahls	Ohne Korrektionssystem Abstand des sagittalen	tangentialen	Mit Korrektionssystem Abstand des sagittalen	tangentialen
	Bildpunktes von der Brennebene		Bildpunktes von der Brennebene	
2° 11,5′	— 2,54	— 5,90	— 0,52	+ 0,74 *mm*
3° 6′	— 5,05	— 11,76	— 1,11	+ 1,45 „

Die Verzeichnung beträgt für den größten Winkel nur 1,4%. Dem angegebenen Winkel entspricht ein Plattendurchmesser von 15 *cm* und für das Korrektionssystem sind ungefähr die Dimensionen des Hauptsystems nötig.

Infolge der Vernachlässigungen der Vorrechnung ist noch ein kleiner chromatischer Fehler übriggeblieben. Es zeigt sich nun, daß dieser Fehler eine sehr träge Funktion des Abstandes der beiden Linsen ist. Infolgedessen erhält man bei merklich größerm Abstande eine exakte Korrektion des chromatischen Fehlers.

In der Figur ist ein dreilinsiges Objektiv einmal mit Okular, das andere Mal mit Korrektionslinse und Kamera gezeichnet. Es mag noch darauf aufmerksam gemacht werden, daß infolge der Annäherung der Platte die Ausbalancierung des Fernrohrs trotz des größern Gewichts von Kamera und Korrektionslinse in beiden Fällen übereinstimmend gemacht werden kann.

Der Fall dreilinsiger Apochromate ist für die Anwendung der Korrektionssysteme der günstigste. Man erreicht mit zwei Linsen eine chromatische Korrektion und erhebliche Verbesserung des Astigmatismus; ein selbständiges photographisches Objektiv mit gleichen Leistungen müßte mindestens drei Linsen haben. Bei Achromaten führt die Lösung der Bedingungsgleichungen, wenn man die Linsen nicht sehr viel näher ans Objektiv heranrückt, für die möglichen Werte von N entweder auf unbrauchbare Resultate (negatives δ oder negatives J, d. h. negativen Abstand der Platte



von der letzten Fläche) oder doch auf so kleine Brennweiten der Linsen, daß man dem Korrektionssystem nur eine kleine Ausdehnung geben und daher kein großes Gesichtsfeld erlangen kann. Für kompliziertere Systeme lassen sich meist andre Mittel anwenden. So wurde von der Pulkowaer Sternwarte verlangt, ein vierteiliges Petzval-Objektiv, das für F und $\lambda = 0{,}405\,\mu$ korrigiert war, für orthochromatische Platten brauchbar zu machen. Da das Objektiv aus zwei voneinander abschraubbaren Hälften bestand, versuchte ich es auf Anregung von Hrn. Dr. Pauly, an Stelle der ersten Hälfte ein anderes System zu setzen; und es gelang mir auch, den Zweck unter Erhaltung von Schnittweite und Brennweite zu erreichen.

Es sei noch bemerkt, daß das Einschalten von Zusatzsystemen zwischen Objektiv und Brennpunkt auch in solchen Fällen von Nutzen sein kann, wo eine Änderung der chromatischen Korrektion nicht verlangt wird. Sie müssen dann aus zwei unmittelbar aufeinander folgenden Linsen bestehen. Es kann damit erreicht werden 1. eine Änderung der Brennweite, 2. eine Verbesserung des Astigmatismus und der Bildfeldkrümmung. Hierdurch kann ein einfaches zweiteiliges photographisches Objektiv für ein größeres Gesichtsfeld brauchbar gemacht werden, bei Verwendung orthochromatischer Platten auch ein visuelles Objektiv.

Jena, den 2. August 1910.

Ventilierter Thermograph zur Registrierung der Gastemperatur im Innern eines bemannten Ballons.

Von
G. Rempp und **R. Wenger** in Straßburg i. E.

Auf Veranlassung von Hrn. Geheimrat Hergesell haben wir einen einfachen ventilierten Thermographen konstruiert, der zur Registrierung der Gastemperatur im Innern eines bemannten Ballons dienen soll und auf mehreren Fahrten seine Aufgabe zufriedenstellend gelöst hat.

Die üblichen, durch Akkumulatoren betriebenen elektrischen Motoren konnten natürlich wegen der Zündungsgefahr durch die kaum jemals mit Sicherheit vermeidbaren Funken zwischen Kollektor und Bürsten nicht in Betracht kommen. Die Konstruktion eines geeigneten Drehstrommotors mit Kurzschlußanker, bei dem dieses Gefahrmoment nicht besteht, in so ungewöhnlich kleinen Dimensionen, sowie des ferner notwendigen rotierenden Transformators, der den Strom der mitgeführten Akkumulatoren in Drehstrom umwandelt, bot große Schwierigkeiten, sodaß wir davon absahen, das Problem der Ventilation auf diesem Wege zu lösen, um ohne zeitraubende Vorversuche zu einem praktisch brauchbaren Apparat zu gelangen. Aus diesem Grunde ließen wir auch die andere von Frhrn. K. von Bassus[1]) benutzte Möglichkeit beiseite, die Ventilation durch einen Ejektor besorgen zu lassen, der durch ein geeignetes komprimiertes Gas betrieben wird, und entschieden uns für die Verwendung eines im Handel erhältlichen mechanischen Ventilators.

Der Apparat, dessen Ausführung durch die Firma J. & A. Bosch in Straßburg erfolgte, erhielt folgende Form (vgl. die Figur). Auf der Unterseite einer Grundplatte ist der eigentliche Thermograph angebracht. Als empfindlicher Körper dient eine schwach gekrümmte Bimetall-Lamelle (Messing-Nickelstahl) derselben Form und ebenso befestigt wie bei dem von der gleichen Firma nach unseren Angaben gebauten Meteorographen für bemannte Ballons[2]), von dem wir auch die Rußschreibung übernommen haben, um die Empfindlichkeit des thermometrischen Körpers möglichst hoch nehmen zu können. Wie bei dem erwähnten Meteorographen befindet sich die Bimetall-Lamelle im Innern eines doppelten, hochpolierten Neusilberrohrs. Die Uhrtrommel (mit dreistündiger Umlaufzeit) ist durch ein Gehäuse geschützt, das, leicht zugänglich, die Auswechslung der Trommel im Laufe einer länger dauernden Fahrt auch im Ballonkorb ohne Schwierigkeit gestattet. Die gesammte Anordnung ist so gedrängt gewählt, als es ohne Gefährdung der Zuverlässigkeit der Temperaturregistrierung möglich war.

Auf der Oberseite der Grundplatte passend befestigt und in das erwähnte Neusilberrohr eingepaßt ist der Ventilatorkopf eines großen, dreifachen Aßmannschen Aspirationspsychrometers, der an Stelle des Schlüssels eine hölzerne Nutenscheibe trägt. Das ganze Instrument ist zum Zwecke der Eichung leicht vollständig demontierbar.

Das Instrument wird an zwei nach oben ausgreifenden starken Bügeln befestigt, die gleichzeitig das Einbringen durch den Füllansatz des Ballons erleichtern; es geschieht dies vom Korb aus mittels einer geklöppelten Leine, die beim Auslegen des

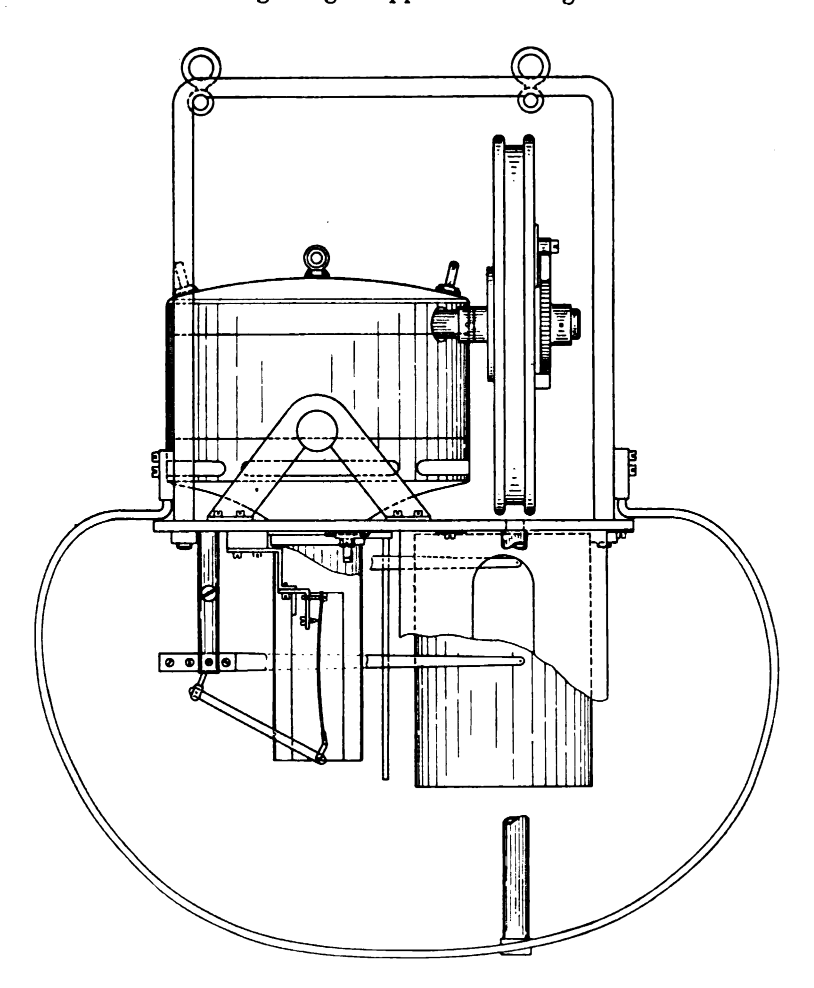
---

[1]) K. von Bassus, *Illustr. aeronaut. Mittgn.* ***13.*** *S. 755. 1909.*

[2]) Der Apparat ist beschrieben von H. Hergesell im Protokoll der 6. Konferenz der Internationalen Kommission für wissenschaftliche Luftschiffahrt. (Straßburg i. E., M. Du Mont-Schauberg 1910.)

Ballons durch zwei Röllchen an der Unterseite des Ventilrahmens hindurchgeführt wird. Einige passend gebogene Messingdrähte schützen den eigentlichen Registriermechanismus.

Das Aufziehen des Ventilators geschah anfangs vom Korbe aus mittels einer endlosen Schnur, die um die genannte Holzscheibe mehrfach herumgeführt wurde und durch zwei auf der Unterseite der Grundplatte befestigte Rohrstutzen lief. Jedoch traten hierbei Verwicklungen auf, die allerdings wohl vermieden worden wären, wenn auch hierfür von Anfang an geklöppelte Schnur gewählt worden wäre. Immer-



hin wurde nach der zweiten Fahrt die Holzscheibe mit einem Freilauf versehen, sodaß das Aufziehen nunmehr lediglich durch Hin- und Herziehen der Enden der um die Rolle geführten Schnur geschieht; in dieser Form hat sich der Apparat durchaus bewährt. Die Anzahl der Windungen, in denen die Schnur über die Holzscheibe läuft, wird derart bemessen, daß nach dem vollständigen Aufziehen des Ventilators die Schnur gleitet und die Feder somit nicht überdreht werden kann. Das jedesmalige Aufziehen bewirkt eine deutliche Strichmarke in der Registrierung, was den Vergleich derselben mit den sonstigen Beobachtungen sehr erleichtert.

Wir konnten diesen Gasthermographen erstmalig erproben auf einer Vereinsfahrt des Oberrheinischen Vereins für Luftschiffahrt Ende Februar 1909. In der verbesserten Ausführung hat er auf verschiedenen Fahrten interessante Registrierungen geliefert;

in jüngster Zeit wurde er auf einer von dem einen von uns geführten Nachtfahrt von Sonnenuntergang bis nach Sonnenaufgang in Tätigkeit erhalten. Bei allen diesen Fahrten wurde allerdings zur Vermeidung etwaiger Verwicklungen die Reißleine an der Ballonwand entlang durch mehrere mittels schwachen Fadens an Schlaufen festgebundene leichte Messingringe geführt, eine Anordnung, die übrigens die Handhabung der Reißleine durchaus nicht beeinträchtigt; ferner war meistens, aber nicht immer, der Füllansatz durch einen unteren Eisenring dauernd offengehalten, wie sich das in den letzten Jahren allgemein eingebürgert hat. Irgend welche Störungen etwa des Aufzugmechanismus oder dergleichen sind bei den späteren Fahrten, auch bei der letztgenannten Fahrt in mondscheinloser Nacht, in keiner Weise eingetreten.

Um indes dem Beobachter im Ballonkorbe das Aufziehen des Ventilators (das etwa alle 10 Minuten geschehen muß) abzunehmen, haben wir nach einer einfachen Form einer Kraftübertragung gesucht, die den Ventilator durch einen im Korb, also außerhalb des Gefahrbereiches, befindlichen Elektromotor zu betreiben gestattet. Wir fanden, daß ein dünner Draht als biegsame Achse hierzu genügt[1]). Versuche mit einem nach diesem Prinzip gebauten Apparat sind noch nicht ausgeführt worden; es sei aber bemerkt, daß sich für diese Methode sehr leicht der oben erwähnte Meteorograph wird verwenden lassen, dessen leichte Konstruktion dem Gewichte eines Ventilatorkopfes von der benötigten Größe nicht gewachsen gewesen wäre.

Referate.

Das Heliochronometer von Ferguson.

Nach Prospekten und nach Mitteilungen des Konstrukteurs.

Der auch in Deutschland durch seine Instrumente zur „automatischen“ Itinerar-aufzeichnung zu Wasser und zu Land (Hodograph, Pedograph, Zyklograph, vgl. *diese Zeitschr.* ***23.*** *S. 50 u. 277. 1903;* ***24.*** *S. 57. 1904*) wohlbekannte Erfinder Thomas Ferguson tritt hier mit einer neuen Sonnenuhr hervor.

Sein neues Heliochronometer hat folgende Vorzüge, durch die *zusammen* es allerdings einen Fortschritt über die bisher vorhandenen Konstruktionen hinaus vorstellt. 1. Das Instrument ist sehr leicht transportabel; es wird gewöhnlich in einem Kästchen aufbewahrt und kann in wenigen Sekunden an jedem beliebigen Ort, an dem gerade die Sonne scheint, gebrauchsbereit aufgestellt sein; 2. es ist ein Universalinstrument, für alle geographischen Breiten brauchbar; 3. man braucht keine ebene horizontale Fläche zur Aufstellung, was bei fast allen andern tragbaren Sonnenuhren eine so mißliche Anforderung ist; 4. das Instrument ist „selbstorientierend“, d. h. es kann durch seine eigenen Angaben in den Meridian eingestellt werden, ohne Bussole und ohne die bereits bekannte Zeit eines bestimmten Augenblicks; 5. es gibt, ohne rechnerische Korrektion, durch einfache Ablesung das ganze Jahr hindurch mittlere, nicht wahre Zeit und kann sehr bequem zur Ablesung einer beliebigen „Normalzeit“ (der mittlern Zeit eines Normalzeitmeridians statt der mittlern Zeit des Meridians des Standorts) eingestellt werden.

Es gibt allerdings, soviel dem Ref. bekannt ist, keine andere Sonnenuhr, der *gleichzeitig* alle die genannten Eigenschaften zukämen. Das Fergusonsche Instrument wird deshalb besonders in tropischen Ländern, ohne Telegraphennetz und ohne telegraphische Zeitverbreitung, sich als sehr brauchbar erweisen; ein Vorteil des Instruments ist auch der, daß kaum etwas daran in Unordnung geraten kann.

---

[1]) G. Rempp und R. Wenger, *Physikal. Zeitschr.* ***10.*** *S. 926. 1909.*

Die Fig. 1 zeigt die wesentlichsten Teile der Einrichtung: die Polarachse besteht aus zwei Stäben, die sich in einem scharfen Punkt, dem „Schattenpunkt“, treffen; auf einer Halbzylinderfläche mit der Polarachse als Achse ist ein Zelluloidblatt als Zifferblatt aufgezogen. Fig. 2 gibt die eine Seite des abgewickelten Zifferblatts mit geraden Datumlinien von 10 zu 10 Tagen und gekrümmten Stundenlinien von 7^h bis 10^h a. m. und 2^h bis 5^h p. m. von 10 zu 10 Minuten, und zwar die Seite für das Halbjahr 20. Juni bis 21. Dezember; die Gegenseite gilt für das andre Halbjahr. Der Halbzylinder ist an drei Drähten an einem (zusammenlegbaren) Stativ kardanisch aufgehängt; die zwei äußern Drähte können auf bestimmte Länge justiert und festgeklemmt, der dritte Draht durch eine Schraube mit Handscheibe aufgewunden werden. Die geographische Breite des Beobachtungsorts ist einem Atlas (in nicht triangulierten Ländern auf vielleicht $^1/_4{}^0$) zu entnehmen und einzustellen; der Index am „Breitenbogen“ muß mit Hülfe des dritten Drahtes auf die Polhöhe des Beobachtungsorts gebracht werden. Die mittlern Vertikallinien des Zifferblatts müssen, damit mittlere Ortszeit abgelesen werden kann, mit den Kanten des Breitenbogens übereinstimmen; um eine bestimmte „Normalzeit“ ablesen zu können, ist das Zifferblatt einfach entsprechend den Teilstrichen in der Mitte nach links oder rechts zu rücken. Wenn das Instrument so vorbereitet von der Hand oder seinem Stativ herabhängt, so ist es, um es ins richtige Azimut zu bringen, so zu drehen, daß der Schattenpunkt auf die Datumslinie fällt (auf 1 Tag zwischen die 10 Tage-Linien zu schätzen), Vormittags- oder Nachmittags-Seite, je nach der Tageszeit; an dem Punkt, wo der Schattenpunkt die Datumslinie kreuzt, liest man die mittlere Zeit oder Normalzeit durch Interpolation zwischen die 10 Min.-Linien ab. Der Vorgang der Einstellung und Ablesung ist also äußerst einfach.

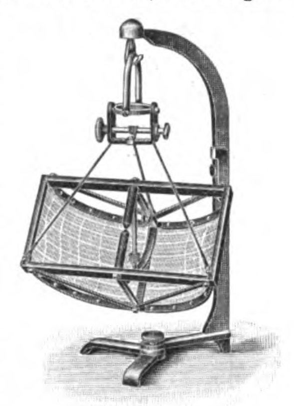


Fig. 1.

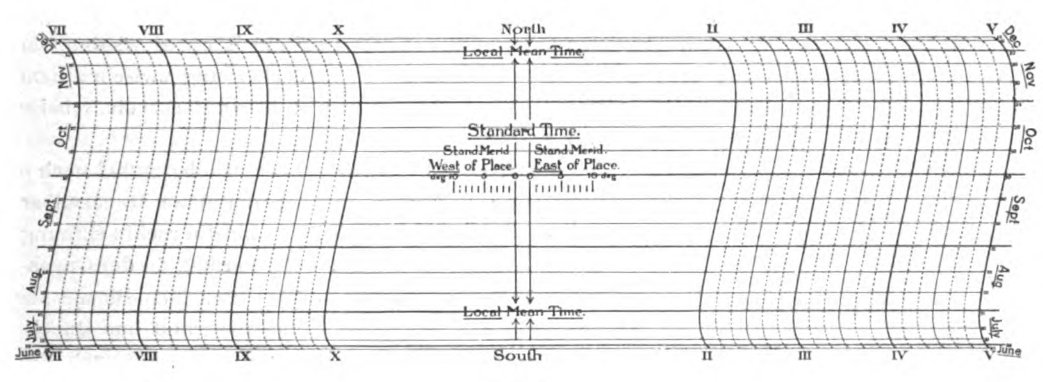


Fig. 2.

Die günstigste Zeit der Beobachtung ist mehrere Stunden vor oder nach dem wahren Mittag. Der Fehler einer Zeitbestimmung auf einem Beobachtungspunkt in 40° bis 50° Breite z. B. soll in 3 bis 4 Std. Abstand vom wahren Mittag 2 Zeitminuten nicht überschreiten, in niedrigern Breiten ist noch bessere Genauigkeit zu erwarten.

Dem Instrument ist noch ein kleines Lineal mit umklappbaren Dioptern beigegeben, durch das auch die Mißweisung der Bussole mit dieser Sonnenuhr bestimmt werden kann.

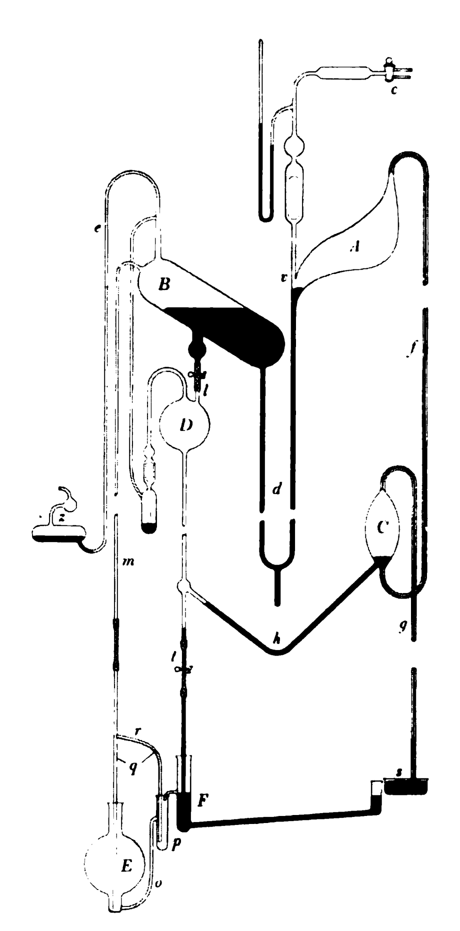
Das Instrument wird von der „Nederlandschen Instrumenten-Fabriek“ in Utrecht, Wohrenstraat 6 zum Preis von 60 Gulden hergestellt.

Hammer.

Automatisch wirkende Töpler-Pumpe.

Von B. D. Steele. *Phil. Mag.* **19.** *S. 863. 1910; Chem. News* **102.** *S. 53. 1910.*

Die Pumpe ist in der Figur schematisch dargestellt. Zu der Abbildung sei bemerkt, daß die U-Röhre *d* sowie die Röhren *e*, *f* und *g* über 80 *cm* lang sein müssen. Der obere Teil von *B* soll 30 *cm* unter der höchsten Stelle von *f* und 10 *cm* über *v* liegen; die höchste Stelle von *D* liegt 16 *cm* über dem höchsten Punkte von *g*. Die Dimensionen der einzelnen Gefäße sind: *A* 300 *ccm*, *B* 600 *ccm*, *C* 100 *ccm*, *D* 130 *ccm*, *E* 150 *ccm*. Der zu evakuierende Raum wird an *c* angeschlossen; bei *z* wirkt die Wasserluftpumpe, mit Zwischenschaltung eines Quecksilberabschlusses, der den Rücktritt von Wasser in die Pumpe verhindert.



Die Wirkungsweise der Pumpe ist die folgende. In *E* befinde sich noch etwas Quecksilber, welches durch die Wasserluftpumpe nach *B* übergeführt wird, wobei die mehr als Barometerhöhe betragende Länge der Säule *m* in bekannter Weise durch von *r* aus zwischengesaugte Luft überwunden wird. Sobald der letzte Tropfen Quecksilber von *E* nach *B* hinübergetrieben ist, tritt plötzlich eine größere Luftmenge über *E* nach *B* ein, größer, als daß die Wasserluftpumpe sie bewältigen könnte; infolgedessen tritt Quecksilber von *B* nach *A* über, welches das hier angesammelte Gas nach *C* hinübertreibt; ferner tritt Quecksilber über *h* und *t* in das (linke) Gefäß *F* über und von dort über *p* und *o* nach *E* und schließt die Luftzufuhr ab.

Von jetzt ab wird unter der Wirkung der Wasserluftpumpe wieder der Druck in *B* und *D* erniedrigt; das Quecksilber fließt über die Röhre *d* wieder von *A* nach *B* zurück, bis die Verbindung zwischen dem zu evakuierenden Raume und dem Reservoir *A* bei *v* frei geworden ist.

Inzwischen hat auch der Quecksilberzufluß nach *p* aufgehört; das noch in *p* vorhandene Quecksilber hebert über *r* nach *E* hinüber, bis die rechte Öffnung dieses Hebers *q* frei wird. Jetzt vermag zu der Quecksilbersäule in *m* wieder Luft in einzelnen Blasen zuzutreten, und die Wasserpumpe beginnt das Quecksilber von *E* nach *B* zu transportieren, bis nach Absaugen des letzten Tropfens Quecksilber aus *E* das Spiel der Pumpe von neuem beginnt.

Die Pumpe erlaubt auch, Proben des Gases oder die ganze Gasmenge zu entnehmen. Zu diesem Zwecke wird ein mit Quecksilber gefülltes Reservoir über das umgebogene Ende *s* der Röhre *g* geschoben und die Röhre *t*, in welche zu diesem Zwecke ein Kautschukschlauch eingeschaltet ist, durch einen Quetschhahn abgeschlossen. Beim folgenden Pumpenzug fließt dann das Quecksilber über *f*, *C* und *h* nach *D* über. Man verstärkt nun den Druck in *D*, indem man nach Öffnen eines Quetschhahnes bei *l* noch Quecksilber direkt von *B* nach *D* übertreten läßt, und treibt unter diesem erhöhten Druck das Gas von *C* aus in das bei *s* übergeschobene Gefäß hinein. Etwa zuviel überfließendes Quecksilber gelangt über *F*, *p* nach *E*. Schließlich wird *l* wieder geschlossen, *t* wieder geöffnet und der Kreisprozeß beginnt von neuem. *Schl.*

Spektrophotometer und Photometrie gefärbter Lichtquellen.

Von J. Thovert. *Journ. de phys. 8. S. 834. 1909.*

Der Verf. stellt in dem ersten Teil der Abhandlung allgemeine Betrachtungen über Spektralphotometer an. Er teilt sie in zwei Arten, solche, bei denen das photometrische Vergleichsfeld am Orte des Spektrums, und solche, bei denen es am Orte des Objektivs liegt. Bei der ersten Art wird mit dem Okular beobachtet, bei der zweiten Art nach Entfernung des Okulars durch einen Okularspalt, der sich am Orte des Spektrums befindet (Maxwellsche Beobachtungsmethode). In bezug auf Helligkeit des Gesichtsfeldes sind nach der Darlegung des Verf. beide Arten gleichwertig.

Dann wird ein einfaches Polarisationsphotometer beschrieben, das in Verbindung mit jedem Spektroskop verwendbar sein soll, um dieses in ein Spektralphotometer zu verwandeln. Bei der Vorrichtung wird das in gerader Richtung in den Kollimator eintretende Licht der einen Lichtquelle durch zwei hinter einander liegende Nicols geschickt, von denen der eine meßbar gedreht werden kann. Das Licht der zweiten Lichtquelle, das nicht meßbar geschwächt werden kann, gelangt durch ein totalreflektierendes Prisma, welches zwischen dem Spalt und den Nicols sitzt, in den Kollimator. Es werden verschiedene Anwendungsmöglichkeiten des Apparates erläutert.

Der zweite Teil der Arbeit handelt von der Photometrie gefärbter Lichtquellen. Der Verf. will hier die Spektralphotometrie einführen, und zwar nach folgender Methode. Durch Messungen in verschiedenen Teilen des Spektrums bestimmt man die Werte J_λ, die für die einzelnen spektralen Bezirke das Verhältnis der Helligkeit der zu untersuchenden Lichtquelle zu der einer Normallichtquelle angeben. Um daraus die „wirksame Gesamtintensität“ J_e der untersuchten Lichtquelle zu ermitteln, muß man noch für jede spektrale Region den „Nutzfaktor“ e_λ der Normallichtquelle kennen. Dann hat man

$$J_e = \int e_\lambda J_\lambda \, d\lambda.$$

Diese Nutzfaktoren, für die die Gleichung $\int e_\lambda \, d\lambda = 1$ gilt, will Verf. mit Hülfe von Sehschärfemessungen bestimmen, z. B. indem man ein einer mittleren Sehschärfe entsprechendes Netz in das Spektrum der Normallichtquelle bringt und für jede Strahlenart die Helligkeit bis zur Grenze der Sichtbarkeit meßbar herabmindert. Die Faktoren sollen von möglichst vielen Personen bestimmt und ihre Zahlenwerte durch Übereinkommen festgelegt werden.

Arbeitet man mit einer Zwischenlichtquelle, so braucht man natürlich nicht ihre Nutzfaktoren direkt zu bestimmen, sondern kann sie mit Hülfe einer spektralphotometrischen Vergleichung zwischen der Zwischen- und der Normallichtquelle aus e_λ berechnen. Als Normallichtquelle empfiehlt Verf. die Viollesche Einheit.

Für die Ausführung der für diese Methode erforderlichen technischen spektralphotometrischen Messungen gibt Verf. zwei Apparate an. Der erste ist ein auf gerader Photometerbank verwendbares Spektrophotometer, und zwar ein Ritchiesches Photometer (zwei Reflexionsprismen mit Mattglasscheibe) in Verbindung mit einem Spektroskop. Letzteres enthält, damit es nicht unbequem lang wird, ein dispergierendes Prisma besonderer Konstruktion, bei dem die Lichtstrahlen in der zur Eintrittsrichtung entgegengesetzten Richtung austreten. Beobachtet wird nach der Maxwellschen Methode.

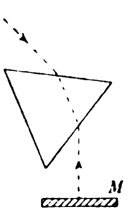
Der andere Apparat, für gewöhnliche technische Zwecke bestimmt und von dem Verf. trichromes Okular genannt, besteht in einem kleinen Spektroskop *à vision directe*, das an Stelle des Okulars bei jedem Photometer verwendbar sein soll. Eine dem Eintrittsspalt nahe Linse wirft ein Bild des Photometerfeldes auf das nach Maxwellscher Methode betrachtete Objektiv Der Okularspalt besitzt drei Öffnungen, für rotes, grünes und violettes Licht. Man beobachtet mit dieser Vorrichtung also nur in diesen drei Spektralregionen.

Die Apparate, die A. Jobin in Paris baut, scheinen sämtlich wenig erprobt zu sein, und die vorgeschlagene Meßmethode gibt im einzelnen zu vielen Bedenken Anlaß. Für ihre Brauchbarkeit wird kein Beweis erbracht, da der Verf. keine Zahlen gibt, sondern sich auf die Mitteilung seiner Vorschläge beschränkt. *E. Br.*

Verbesserte Methode zur Benutzung von Quarzprismen.

Von F. Stanley. *Astrophys. Journ.* **31.** *S. 371. 1910.*

Alle Quarzspektrographen besitzen ein sog. Cornusches Prisma; dieses ist aus zwei Hälften zusammengekittet, von denen die eine aus einem rechtsdrehenden, die andere aus einem linksdrehenden Quarz besteht, während die optische Achse senkrecht zur Halbierungsebene des brechenden Winkels gerichtet ist. Dadurch wird eine Verdopplung der Spektrallinien vermieden, die eintreten müßte, da die beiden rechts und links zirkular polarisierten Strahlen auch in der Richtung der Achse sich im Quarz mit verschiedener Geschwindigkeit fortpflanzen. Hr. Stanley, Mitarbeiter der Firma A. Hilger in London, hat nun gefunden, daß man noch einfacher die Verdopplung der Strahlen aufheben kann. Nimmt man ein mit seiner Achse parallel zur Basis geschnittenes Quarzprisma von 60° oder 30°, läßt die austretenden Strahlen an einem Metallspiegel *M* (s. die Figur) reflektieren und den Weg durch das Prisma zurücklaufen, so wird dieselbe Wirkung erreicht wie durch die Cornusche Anordnung: der Strahl, der auf dem Hinwege der ordentliche ist, ist auf dem Rückwege der außerordentliche, und umgekehrt. Es ist also genau so, als wenn zwei Prismen von je 60° oder 30° vorhanden wären, von denen das eine aus einem Rechts- und das andere aus einem Links-Quarz bestände.



Notwendig ist es, daß die optische Achse parallel zur Basis läuft. An einem Quarzprisma von 60°, dessen Achse mit der Basis einen Winkel von etwa 3° bildete, konnte sich Ref. überzeugen, daß die Spektren bei der neuen Anordnung in der Tat vortrefflich definiert waren. Ein weiterer Vorzug ist noch, daß nur *ein* Prisma zu schleifen ist und man eine doppelte Dispersion hat. *L. J.*

Zur Theorie der Fernrohrbrille.

Von M. von Rohr. *v. Graefes Archiv f. Ophthalmologie* **75.** *S. 561. 1910.*

Unter Fernrohrbrille versteht man eine Brille, die aus einer sammelnden und einer zerstreuenden Linse in endlichem Abstande besteht und somit eine gewisse äußerliche Ähnlichkeit mit dem holländischen Fernrohr besitzt. Sie ist für Personen mit hochgradiger Myopie bestimmt, die die gewöhnliche Brille häufig nicht dauernd tragen können, da ihnen die Gegenstände zu klein erscheinen.

Zunächst werden die Verhältnisse in der Nachbarschaft der Achse untersucht. Es wird berechnet, wie für eine Fernbrille die Brechkraft des Systems Brille + Auge von den Einzelbrechkräften der Linsen und des Auges sowie der Achsenametropie des Auges abhängt. Da nun bei den gewöhnlichen Brillen die Brechkraft des Gesamtsystems angenähert gleich der des unbewaffneten Auges ist, so ist damit auch die Vergrößerung des Netzhautbildes durch die Fernrohrbrille gegenüber der gewöhnlichen gegeben. Der Wert dieser Vergrößerung ist von dem verordnenden Arzt vorzuschreiben. Die Verhältnisse werden durch numerische Berechnungen für zwei Systeme mit den Vergrößerungen 1,707 und 1,28 erläutert. Nachdem auch die Wirkung der Akkommodation bei solchen Brillen besprochen ist, wird auf die Nahbrillen eingegangen, deren Berechnung keine besonderen Schwierigkeiten bietet, abgesehen von der Definition der Vergrößerung. Ein Beispiel mit der Vergrößerung 1,334 wird durchgerechnet. In allen Fällen ist die Vergrößerung des Netzhautbildes stärker als bei staroperierten Augen.

Im zweiten Teile der Abhandlung werden die Fernrohrbrillen in Verbindung mit dem bewegten Auge behandelt. Einige allgemeinere Bemerkungen mögen hier voraufgeschickt werden. Unter den Instrumenten zu subjektivem Gebrauch kann man zwei Gruppen unterscheiden, je nachdem sich ein endlich ausgedehntes Bildfeld nur unter Zuhülfenahme von Kopfdrehungen im direkten Sehen betrachten läßt (Instrumente mit Schlüssellochbeobachtung), oder ob es möglich ist, Kopf und Instrument während des Gebrauchs in eine feste Verbindung zu bringen und durch Drehungen des Augapfels das Gesichtsfeld abzusuchen (Instrumente

zum ungehinderten direkten Sehen). Die Instrumente der zweiten Art sind für die Fehler schiefer Büschel in der Weise zu korrigieren, daß der Kreuzungspunkt der Hauptstrahlen im Drehpunkt des Auges angenommen wird. Diese Forderung wurde 1902 von A. Gullstrand ausgesprochen, und ihr entsprechend gebaute Instrumente unterscheiden sich insofern fundamental von denen der Abbeschen Theorie, als die Mitte der Eintrittspupille und der Kreuzungspunkt der Hauptstrahlen nicht zusammenfallen, wie übrigens bei dem zum direkten Sehen benutzten Auge auch nicht. Das erste Instrument dieser Art war die 1903 auf den Markt gebrachte Verantlupe zur Betrachtung von Photographien. Doch ist die besondere Wichtigkeit der Gullstrandschen Bedingung für die Brillen einleuchtend. Mit ihrer Berücksichtigung wurden nun die Fernrohrbrillen so korrigiert, daß der Astigmatismus, die Verzeichnung (die bei den entsprechenden gewöhnlichen Brillen recht störend wirkt) und die chromatische Vergrößerungsdifferenz für eine größere endliche Hauptstrahlneigung gehoben ist, während für andere noch kleine Abweichungen, sogenannte Zonenfehler, bestehen. Der Astigmatismus und die Verzeichnung werden daher graphisch als Funktionen der objektseitigen Hauptstrahlneigungen dargestellt, und zwar der Astigmatismus durch die Reziproken der sagittalen und tangentialen Schnittweiten, bezogen auf die Kugel, die der vordere Augenhauptpunkt bei der Drehung des Auges beschreibt. Der Mangel einer Korrektion dieser Fehler dürfte der Grund des Mißerfolges der früheren Erfinder der Fernrohrbrille sein, die sich ja schon in einem englischen Patent vom Jahre 1785 findet. Anderseits bedingt die Güte der Korrektion der neuen Brille neben dem komplizierteren Bau eine besonders sorgfältige Anpassung. Gegenüber der gewöhnlichen Brille zeigt die Fernrohrbrille eine fühlbare Einschränkung des Sehfeldes (um so mehr, je stärker die Vergrößerung gewählt wird); sie ist der Preis für die Steigerung der Sehschärfe. Die erwähnten Brillen mit den Vergrößerungen 1,707, 1,28 und 1,334 besitzen ein augenseitiges Sehfeld von 24°, 36° und 30°. Es sei ferner erwähnt, daß die Änderung der Bildgröße auf der Netzhaut ihr Analogon in dem Verhältnis zwischen objektseitiger und augenseitiger Hauptstrahlneigung findet. Während bei der gewöhnlichen Myopenbrille die objektseitigen Winkel stets größer sind, können bei der Fernrohrbrille objektseitige und augenseitige Winkel gleich sein. Bei dem Gebrauch einer solchen Fernrohrbrille würde sich der Myop hinsichtlich der Blickwinkel verhalten wie ein Emmetrop und hinsichtlich der absoluten Sehschärfe wie ein Emmetrop mit der Vergrößerung entsprechend gesteigerter Sehschärfe. In einem Nachtrag will der Verf. auch solche Brillen für astigmatische Augen behandeln. *A. K.*

Über einen Rheographen.

Von H. Abraham. *Journ. de phys.* **8.** *S. 265. 1909; The Electrician* **63.** *S. 500. 1909.*

Abraham hat nach dem von ihm aufgestellten Prinzip (vgl. *diese Zeitschr.* **18.** *S. 30. 1898*) einen doppelten Rheographen zu Projektionszwecken konstruiert.

Für das bewegliche System eines Galvanometers gilt die Gleichung

$$K \frac{d^2\theta}{dt^2} + A \frac{d\theta}{dt} + C\theta = G\,i \qquad 1)$$

(K Trägheitsmoment, A Dämpfungskonstante, C Direktionskraft, i ablenkender Strom [Augenblickswert], θ Ablenkungswinkel zur Zeit t, G Konstante).

Wird nun das Trägheitsmoment verhältnismäßig groß, Dämpfungskonstante und Direktionskraft vernachlässigbar klein gemacht, so gibt das Galvanometer das Kurvenbild des aufzunehmenden Wechselstromes J richtig wieder, wenn derselbe mit dem Strom im Galvanometer durch die Gleichung

$$\frac{d^2J}{dt^2} = \lambda\, i \qquad 2)$$

zusammenhängt. Dies soll auf folgendem Wege erreicht werden. Das bewegliche System besteht aus einem leichten Aluminiumrahmen A (Fig. 1), der von zwei dünnen Drähten getragen wird. Auf dem Rahmen ist ein Spiegel von 0,5 *qcm* Größe befestigt. Die Ströme im

Rahmen, der zwischen den Polen eines Dauermagneten angeordnet ist, werden durch Induktion erzeugt; der Rahmen bildet nämlich gewissermaßen die Sekundärspule eines Transformators, dessen vieldrähtige Primärwicklung an zwei Klemmen geführt ist. Das unterteilte Eisen dieses Transformators durchsetzt die von dem Rahmen gebildete Schleife.

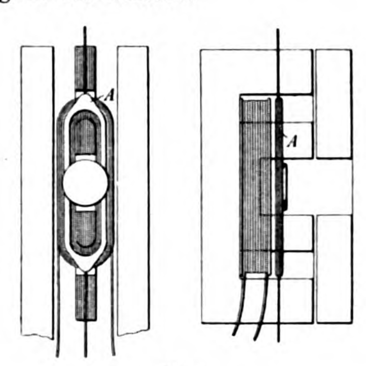


Fig. 1.

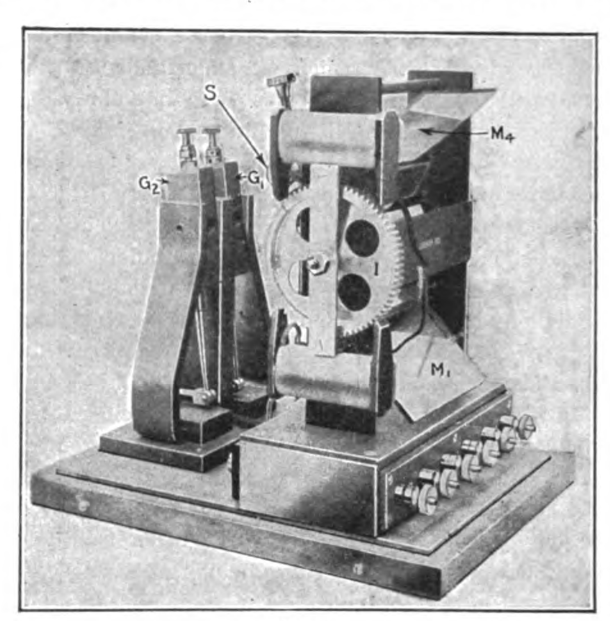


Fig. 2.

Eine Spannung E, deren Kurvenform aufgenommen werden soll, wird durch die primäre Spule und einen dahinter geschalteten großen Kondensator geschlossen, sodaß der primäre Strom nahezu proportional dE/dt und der sekundäre proportional d^2E/dt^2 wird; d. h. der Strom im Aluminiumrahmen erfüllt die oben aufgestellte Bedingung 2).

Soll die Kurve eines Stromes aufgenommen werden, so bringt man einen zweiten Stromtransformator in den Stromkreis, dessen Sekundärwicklung an die Klemmen des Rheographen geführt wird.

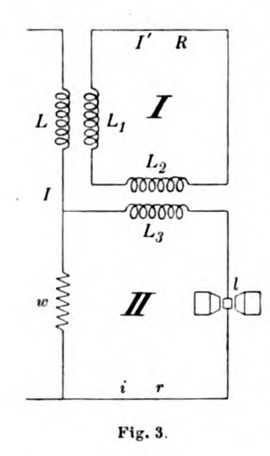


Fig. 3.

Die Kurven werden durch ein rotierendes Prisma und vier passend angeordnete Spiegel sichtbar gemacht (vgl. *diese Zeitschr.* **27.** *S. 291. 1907*). Das Prisma wird in üblicher Weise durch einen Synchronmotor in Umdrehung versetzt. Synchronmotor S, I und zwei Spiegel M_1 und M_4 sind in Fig. 2, die den vollständigen Apparat darstellt, auf der rechten Seite zu sehen, während links der permanente Magnet mit zwei beweglichen Systemen G_1 und G_2 abgebildet ist. Es ist auf diese Weise ein sehr übersichtlicher und einfacher Apparat geschaffen, der nicht so leicht Beschädigungen ausgesetzt ist und jedenfalls für Projektionszwecke die Kurven mit genügender Treue wiedergibt.

Wie weit sich die Abbildungen von der Wirklichkeit unterscheiden, ist bei dem Projektionsapparat schwer zu sagen. Bei seinem früheren Apparat hat Abraham eine exakte Abbildung aus der Theorie gefolgert. Dabei hat er aber Vernachlässigungen eingeführt, die, wie im folgenden ausgeführt wird, nicht statthaft sind. Aus dem Schaltungsschema der Fig. 3 ergeben sich nämlich folgende streng gültige Gleichungen für die Stromkreise I und II:

$$I' R + (L_1 + L_2)\frac{dI'}{dt} - M_1\frac{dI}{dt} - M_2\frac{di}{dt} = 0$$

$$w(I - i) = i\,r + (L_3 + l)\frac{di}{dt} - M_2\frac{dI'}{dt} + M_3\frac{dI}{dt}\,.$$

Eliminiert man hieraus I', so erhält man die Gleichung

$$[(L_1 + L_2)(L_3 + l) - M_2^2]\frac{d^2 i}{dt^2} + [(L_1 + L_2)(w + r) + (L_3 + l)R]\frac{di}{dt} + R(w + r)i$$
$$= [M_1 M_2 - (L_1 + L_2)M_3]\frac{d^2 I}{dt^2} + [(L_1 + L_2)w - M_3 R]\frac{dI}{dt} + R w I. \qquad 3)$$

Ein Vergleich mit Gl. 1) lehrt, daß eine exakte Abbildung fordert, daß die Glieder mit $\frac{d^2 i}{dt^2}$ und $\frac{di}{dt}$ verschwinden. Bedenkt man nun, daß der Maximalwert, den M_2^2 erreichen kann, gleich $L_2 L_3$ ist, so sieht man, daß die beiden genannten Glieder positive Koeffizienten haben, also nicht verschwinden können. Es fragt sich aber, ob die Glieder vernachlässigbar klein werden.

Dazu führen wir noch folgende von Abraham angegebene Bedingungen ein (vgl. *Journ. de phys.* **6.** *S. 361. 1897*):

$$L_1 = L_2 = L_3 = l \quad \text{und} \quad R = r$$
$$M_2^2 = L_2 L_3 = l^2; \quad \text{ferner ist } M_3 \text{ nahezu Null.}$$

Setzt man dies in Gl. 3) ein, so erhält man

$$3 l^2 \frac{d^2 i}{dt^2} + 2l(w + 2r)\frac{di}{dt} + r(w + r)i = (M_1 - 2M_3) l \frac{d^2 I}{dt^2} + (2lw - M_3 r)\frac{dI}{dt} + r w I.$$

Ist I groß, so kann man w als klein gegen r annehmen. Wenn man weiter M_3 vernachlässigt und bedenkt, daß ir und Iw jedenfalls von gleicher Größenordnung sind, so kommt man zu der angenäherten Gleichung

$$\frac{3l^2}{r}\frac{d^2(ri)}{dt^2} + 4l\frac{d(ri)}{dt} + r(ri) = \frac{M_1 l}{w}\frac{d^2(Iw)}{dt^2} + 2l\frac{d(Iw)}{dt} + r(Iw),$$

aus der hervorgeht, daß die einander entsprechenden Glieder auf der rechten und linken Seite von der gleichen Größenordnung sind. Unter den von Abraham aufgestellten Bedingungen dürfte also eine streng richtige Abbildung nicht zu erhalten sein. Ohne die zahlenmäßigen Konstruktionsdaten des Apparates zu kennen, ist es aber nicht möglich zu sagen, ob die Verzerrungen eine praktisch zulässige Grenze überschreiten. *E. O.*

Angenäherte experimentelle Methode zur Analyse von Spannungskurven.

Von P. G. Agnew. *Bull. of the Bureau of Standards* **6.** *S. 95. 1909.*

Die Methode von Agnew ist eine Vereinfachung der Pupinschen Resonanzmethode[1]. Die zu analysierende Spannungskurve mag nur die dritte und fünfte Oberschwingung enthalten; die Spannung wird durch einen Widerstand R, eine Selbstinduktion L und eine Kapazität C geschlossen, dann ist der Effektivwert des zustande kommenden Stromes

$$J^2 = \frac{E_1^2}{R^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)^2} + \frac{E_3^2}{R^2 + \left(3\omega L - \frac{1}{3\omega C}\right)^2} + \frac{E_5^2}{R^2 + \left(5\omega L - \frac{1}{5\omega C}\right)^2}.$$

Es wird nun der Kapazität C etwa der doppelte Wert erteilt und der Widerstand R so lange geändert, bis ein Strommesser genau denselben Ausschlag zeigt wie vorher; schließlich wird der Kondensator kurz geschlossen und wiederum durch Ändern des Widerstands auf dieselbe Stromstärke eingestellt. Aus diesen drei zusammengehörenden Werten von R, L, C kann E_3 und E_5 berechnet werden. Es ist zweckmäßig, L und C so zu wählen, daß sie für eine Kreisfrequenz zwischen 3ω und 5ω zur Resonanz kommen.

Die Fehler des Spannungs- und Strommessers fallen heraus, weil es nur darauf ankommt, daß jedesmal genau auf denselben Ausschlag eingestellt wird.

---

[1]) Vgl. E. Orlich, Aufnahme und Analyse von Wechselstromkurven. Braunschweig, Fr. Vieweg & Sohn 1906. *S. 67.*

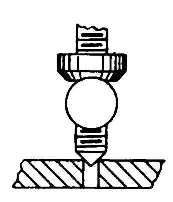
Die *Phase* der Oberschwingungen kann auf diesem Wege nicht gefunden werden; ebensowenig ist es möglich, auf diesem Wege *Strom*-Kurven zu analysieren.

Prinzipiell ist es natürlich möglich, durch Beobachten bei noch mehr Werten von C auch noch höhere Oberschwingungen zu berechnen. Es empfiehlt sich aber nicht, weil die Rechnungen zu kompliziert werden. *E. O.*

Bücherbesprechungen.

H. Bock, Kritische Theorie der freien Riefler-Hemmung. 8°. 68 S. m. 14 Fig. Berlin, J. Springer 1910. 2,40 M.

Während die Resultate der klassischen Arbeit von Phillips über die Theorie der elastischen Schwingungen der Unruhspirale schon längst ihre praktische Anwendung gefunden haben, fehlte bisher eine ähnlich erschöpfende Theorie des an Federn aufgehängten Pendels. Zwar hatte schon Bessel den einfachen Fall der freien Schwingung eines solchen Pendels untersucht, und Laugier und Winnerl wiesen experimentell nach, daß sich durch passende Wahl der Aufhängefeder ein praktisch genügender Isochronismus der Pendelschwingungen erzielen läßt. Hierbei wurde aber die Wirkung der Hemmung unberücksichtigt gelassen, die dem Pendel bei jeder Schwingung einen Antrieb erteilt, um die durch Reibung in der Luft und innere Reibung entstandenen Verluste an lebendiger Kraft zu ersetzen. Daher war die vorliegende Arbeit, in der die Wirkung der Riefler-Hemmung auf Grund der modernen Elastizitätstheorie eingehend untersucht wird, ein sehr verdienstvolles Unternehmen. An dieser Stelle seien nur die wichtigsten Resultate der Untersuchung des Verf. angeführt, da ein näheres Eingehen auf die theoretischen Entwicklungen zu weit führen würde. Zunächst ergibt sich für den allgemeinen Fall eines an Federn aufgehängten Pendels, daß sehr viele verschiedene Schwingungsarten denkbar sind; das Pendel kann nämlich „Oberschwingungen" ausführen, indem das obere Ende der Pendelstange seitlich hin und her vibriert, während der Pendelschwerpunkt die gewöhnliche Pendelschwingung vollführt; Verf. weist nach, daß solche Oberschwingungen zwar auf die Hauptschwingungsdauer keinen direkten Einfluß haben, aber das Spiel der Hemmung stören können, und daß in dieser Beziehung die Riefler-Hemmung günstiger ist als die Graham-Hemmung. Diese Oberschwingungen lassen sich beim Riefler-Gang vermeiden, wenn die Ankerachse (Schneide) mit der Rotationsachse des Pendels zusammenfällt, die ungefähr um ein Drittel der Länge der Aufhängefeder unter deren oberem Ende liegt. Allerdings könnte man hiervon abweichen, um Isochronismus zu erzielen; praktisch aber wird von diesem Hülfsmittel kein Gebrauch gemacht, weil, wie der Verf. richtig hervorhebt, die Amplitude bei der freien Hemmung so geringfügigen Schwankungen unterliegt, daß der Anisochronismus praktisch bedeutungslos wird. Senkrecht zur Hauptschwingungsebene gerichtete Querschwingungen, die durch seismische Erschütterungen o. dgl. entstehen können, beeinflussen die Schwingungsdauer und müssen daher möglichst schnell gedämpft werden; daher empfiehlt es sich, dafür zu sorgen, daß die Spitzen, mit denen die obere Federfassung auf dem Achsenstück des Ankers ruht, nicht auf ihren Pfannen rollen können, sonder etwaigen Querschwingungen einen genügenden Reibungswiderstand entgegensetzen. In der Tat erfüllt die von Riefler angewandte Konstruktion diese Forderung in hohem Maße, wie aus nebenstehender Skizze ersichtlich ist. Daß durch seismische Erschütterungen eine zeitweilige Verlängerung der Aufhängefeder eintritt und allmählich wieder verschwindet, wie das von Riefler vermutet wird, hält Verf. für unwahrscheinlich, meint vielmehr, daß die zuweilen nach Erschütterungen auftretenden Gangverzögerungen, auf die nach einiger Zeit wieder normale Gänge folgen, auf elastischer „Ermüdung", d. h. einer zeitweiligen Abnahme des Elastizitätsmoduls, beruhen.



Aus dem wesentlichsten Teil der Arbeit, der Untersuchung der Wirkungsweise der Hemmung, läßt sich ein Auszug kaum geben; erwähnt sei nur, daß in der Periode der Aus-

lösung, d. h. in der Zeit, während der das Pendel den Anker aus seiner Ruhelage fort und der Hebung entgegen führt, keine gleichmäßige Bewegung des Ankers, sondern ein Vibrieren stattfindet, wobei die Winkelgeschwindigkeit des Ankers zwischen Null und der doppelten Winkelgeschwindigkeit des Pendels schwankt; ferner, daß es zweckmäßig ist, die Antriebskraft nicht überflüssig groß zu wählen, sondern nur eben ausreichend, sodaß der Ankerzahn während der Hebung mit nahezu konstanter Geschwindigkeit die den Antrieb vermittelnde Gleitung am Steigradzahn ausführt; denn bei beschleunigter Bewegung wird die Gefahr des Galoppierens, des Überspringens des nächsten Ruhezahns, vergrößert. Daß eine Vergrößerung der Antriebskraft nicht etwa eine Vermehrung, sondern eine Verminderung der dem Pendel zugeführten Energie zur Folge hat, erscheint nur bei sehr flüchtiger Betrachtung als paradox, ergibt sich aber auch ohne jede Rechnung aus der Art der Wirksamkeit der Riefler-Hemmung; denn diese Energieübertragung geschieht ja dadurch, daß das obere Ende der Aufhängefeder *nach* dem Durchgang des Pendels durch die Ruhelage dem Pendel gewissermaßen entgegengekippt wird, zunächst also hindernd auf das Pendel wirkt, und erst beim Zurückschwingen die Bewegung des Pendels befördert, und zwar etwas über die Ruhelage hinaus, also längere Zeit, als die hindernde Wirkung gedauert hat; je größer die Antriebskraft ist, desto schneller vollzieht sich das Umkippen des Ankers, desto früher tritt also jene hindernde Wirkung ein, sodaß der Überschuß der fördernden Wirkung kürzere Zeit anhält. Auch durch ein Wachsen der Ruhereibung der Ankerklauen wird die Energiezufuhr vergrößert; doch läßt sich nicht feststellen, wie eine Änderung der Gleitreibung wirkt. Die Überlegung auf *S. 52* oben leuchtet dem Ref. nicht ganz ein: wenn die Schwungweite des Pendels durch äußere Ursachen (also nicht etwa durch eine Abnahme der Antriebskraft) wächst, so soll nach Ansicht des Verf. die zugeführte Energie ebenfalls wachsen. „Die Schwungweite befindet sich also in einer Art von *labilem Zustande*, denn in ihrem Wachstum liegt eine Ursache zu weiterer Zunahme. Das ist ein Übelstand.“[1]) Das wäre in der Tat ein böser Übelstand; aber dem widerspricht die Erfahrung: Setzt man eine Riefler-Uhr mit abnorm großer Amplitude in Gang, so nimmt die Amplitude keineswegs zu, sondern ab, und erreicht nach einigen Stunden denselben Normalwert, wie wenn man die Uhr mit der kleinsten zum Auslösen des Ankers gerade nötigen Amplitude in Gang setzt, in welchem Falle die Amplitude ebenfalls nicht noch weiter abnimmt, sodaß die Uhr stehen bleiben müßte, sondern anfangs ziemlich schnell, später natürlich langsamer wächst. Dadurch, daß die Amplitude vergrößert wird, wird zwar durch das rascher fortschreitende Pendel „die Ankerumlegung erschwert und verzögert“, aber doch nur relativ, sodaß die Umlegung nach absoluter Zeit dennoch früher erfolgen dürfte, die oben erwähnte hindernde Wirkung der Federspannung auf die Pendelschwingung also früher eintreten und die fördernde Gesamtwirkung der Federspannung, absolut genommen, kürzere Zeit dauern wird, sodaß Ref. der Ansicht ist, daß die Energiezufuhr hierbei abnehmen muß. Über den Einfluß einer Änderung der Antriebskraft und der damit verbundenen Änderung der Hebungsdauer auf die Schwingungsdauer des Pendels läßt sich allgemein nur nachweisen, daß ein solcher Einfluß desto kleiner ist, je näher der Bahnmitte die Hebung erfolgt, nicht aber, ob eine Beschleunigung oder Verzögerung der Gesamtschwingungsdauer eintritt; es wäre also denkbar, daß bei

[1]) Verf. äußert sich hierüber brieflich in dem Sinne, daß jener Passus keineswegs so gemeint sei, wie Ref. ihn aufgefaßt hat, und will das Hauptgewicht auf die Zeilen 12 bis 16 gelegt wissen; weiter schreibt er: „Ist E nicht konstant (vgl. *S. 60*), sondern eine Funktion von α (vgl. *S. 52*), und zwar etwa dergestalt, daß $\frac{dE}{d(\alpha^2)} = b$ eine sehr kleine positive Zahl bedeutet, so wird, wie leicht zu zeigen mit Hülfe von Gl. 60), die Relaxationsdauer $\tau = \frac{J_p}{p - \frac{2T}{\pi^2} \cdot b}$ Sek., also eine Spur *größer*, als wenn b Null wäre. Von Instabilität ist mithin keine Rede. Diese würde erst eintreten, wenn der Nenner negativ, also $b > \frac{\pi^2}{2} \cdot \frac{p}{T}$ wäre. Das kann aber praktisch nie eintreten. Folglich ist die Schwungweite trotz b immer stabil“.

einer gewissen Wahl der Konstruktionsdaten die Änderung Null einträte, was Verf. treffend als „Uhrwerkisochronismus" bezeichnet.

Zum Schluß untersucht Verf. die Einwirkung zeitweiliger Störungen der Pendelschwingung, insbesondere die Wirkung periodischer Änderungen der Antriebskraft auf den Uhrgang; das Resultat ist, daß die Störung des Ganges unter sonst gleichen Umständen desto geringer ist, je kürzer die Störungsperiode dauert, daß also Teilungsfehler u. dgl. von schnell umlaufenden Rädern des Uhrwerks den Gang viel weniger stören als Fehler langsam umlaufender Räder; außerdem sind die Störungen natürlich desto geringer, je größer das Trägheitsmoment des Pendels und je geringer der Luftwiderstand ist. In dieser Beziehung sind die neueren Riefler-Uhren, deren am langsamsten umlaufendes Rad (abgesehen von der Zeigerübertragung) nur $7^1/_2$ Minuten Umdrehungszeit hat, ganz besonders günstig. Endlich werden nochmals kurz die Hauptresultate zusammengestellt, aus denen hervorgeht, daß die neuen Riefler-Uhren in jeder Beziehung einen bedeutenden Fortschritt darstellen.

B. Wanach.

A. Fennel, Geodätische Instrumente. Heft I. Nivillierinstrumente. Lex. 8. VI, 56 S. mit Fig. Stuttgart, K. Witwer 1910.

Es ist sehr zu begrüßen, daß auch wieder einmal ein Mechaniker eine zusammenfassende Darstellung geodätischer Instrumentengruppen versucht. Das vorliegende 1. Heft behandelt die Nivelliere (und Latten) und bringt außer der Charakterisierung der Instrumente mit einer Fülle guter Abbildungen eingehende Angaben über Behandlung und Berichtigung, die vielen willkommen sein werden; es sind dabei die einzelnen Berichtigungsanweisungen benutzt, die der Verf. schon seit einer Reihe von Jahren den aus seiner Werkstatt in Cassel hervorgehenden Instrumenten beigibt.

Das vorliegende 1. Heft wird auf besondere Aufmerksamkeit rechnen dürfen, schon deshalb, weil es in einfacher Weise Anleitung zur *Wahl* eines bestimmten Instruments für einen bestimmten Zweck gibt.

Der Verf. teilt, wie es auch am natürlichsten ist, die Nivellierinstrumente ein in die zwei Klassen: I. Instrumente „mit festem Fernrohr" und II. Instrumente „mit drehbarem Fernrohr" (sollte vielleicht besser heißen: „mit Lagerring- oder Lagerschneiden-Fernrohr, denn der Ausdruck: „drehbares Fernrohr" paßt z. B. nicht auf das Seibt-Breithaupt sche Feinnivellier und ähnliche Instrumente, die doch in Klasse II nicht ausgeschlossen werden sollen). Jede der zwei Klassen wird wieder in eine Anzahl von Gruppen zerlegt, I. in 1. Libelle fest über dem Fernrohr, 2. Libelle mit verschiebbarer Skale fest über dem Fernrohr, 3. Libelle fest unter dem Fernrohr, 4. Prismennivellierinstrumente (vgl. *diese Zeitschr.* **25.** *S. 320. 1905*), 5. Instrumente mit Kippschraube; die Klasse II wird weiter eingeteilt in Gruppe 6. Libelle auf dem Fernrohrträger, 7. mit Reversionslibelle, 8. mit Reit(er)libelle, 9. für Feinnivellierungen, mit drehbarem Fernrohr und daran befestigter Libelle. Diese 9 Gruppen, für deren Instrumente in den Abteilungen I und II der Schrift alle Angaben, besonders auch für die Berichtigung, gemacht werden (zweckmäßig z. B. auch Abmessungen des Transportkastens, sowie die Gewichte des Instrumentes, des Transportkastens und des Stativs), werden in Abteilung III miteinander verglichen; ebenda ist Anleitung zur Untersuchung des Führungsfehlers des Okularauszugs, der Exzentrizität des Objektivmittelpunkts gegen die Ringachse, der Gleichheit der Lagerringdurchmesser, ferner zur Reinigung und überhaupt Behandlung der Instrumente gegeben. Die Abteilung IV bespricht die Nivellierlatten mit Zubehör.

Dem Heft ist, wenn es auch naturgemäß nur die Fabrikate *einer* Werkstatt berücksichtigt, weite Verbreitung zu wünschen; einige Mitteilungen sind von bedeutendem allgemeinen Interesse, so die über die sehr sorgfältigen Untersuchungen Fennels an den von ihm verwendeten *Wendelibellen* (von wem hergestellt?), *S. 28* und *S. 56* für 91 bezw. 36 Instrumente mit Libellenempfindlichkeiten zwischen 5″ und 30″.

Hammer.

Verlag von Julius Springer in Berlin N. — Universitäts-Buchdruckerei von Gustav Schade (Otto Francke) in Berlin N.

Zeitschrift für Instrumentenkunde.

Kuratorium:

Redaktion: Geh. Reg.-Rat Prof. Dr. **St. Lindeck** in Charlottenburg-Berlin.

XXX. Jahrgang. **November 1910.** Elftes Heft.

Ein tragbares Interferometer für Flüssigkeiten und Gase.

Von
F. Löwe in Jena.
(Mitteilung aus der optischen Werkstätte von Carl Zeiss.)

Wie die Literatur lehrt, erfreut sich in der analytischen Chemie neben anderen physikalischen Meßmethoden die Bestimmung des Brechungsindex von Flüssigkeiten, kurz die Refraktometrie, einer großen Verbreitung; wir finden die technischen Refraktometer in Nahrungsmittelämtern, Fleischbeschaustellen, Handelslaboratorien, Brauereien und Brennereien, in den Zuckerfabriken, der Öl-, Fett-, Wachs- und Seifenindustrie, schließlich in chemischen Fabriken und analytischen Laboratorien überhaupt, und sogar in Kliniken.

An allen diesen Stellen werden Flüssigkeiten oder doch leicht schmelzbare Substanzen untersucht, entweder auf Reinheit oder auf gleichmäßige Zusammensetzung oder auf ihren Prozentgehalt; ein gleichgroßes Interesse an diesen drei Eigenschaften liegt aber auch bei der Gasanalyse vor, ja, wenn man die Methoden zur Analyse von Flüssigkeiten mit denjenigen für Gase vergleicht, eigentlich noch ein größeres. Man denke z. B. daran, daß eine bei Flüssigkeiten so einfache Aufgabe wie die Herstellung von Lösungen genau bekannter schwacher Konzentration aus einer starkkonzentrierten bei Gasen mit einer nachträglichen Berechnung der Korrektionen für Druck und Temperatur notwendig verbunden ist, sodaß man z. B. im voraus eine bestimmte „Verdünnung" bei Gasgemischen kaum gewährleisten kann.

Das Problem der „optischen Gasanalyse" für technische Zwecke wurde der Firma C. Zeiss von Hrn. Prof. Dr. Haber in Karlsruhe gestellt; er unterschied von vornherein zwei Typen zu konstruierender optischer Gasprüfer, einen von mittlerer Genauigkeit (Fehlergrenze etwa $^1/_3$ bis $^1/_5$ % CO_2) und einen von hoher Genauigkeit (Fehlergrenze $^1/_{50}$ bis $^1/_{100}$ % CO_2). Als Vertreter des ersten Typus, dessen Fehlergrenze derjenigen der Gasanalyse über Wasser als Sperrflüssigkeit entspricht, haben wir in gemeinsamer Arbeit das Gasrefraktometer konstruiert, das sich für einzelne spezielle Zwecke bestens bewährt hat[1]). Die Skale des Gasrefraktometers ist bereits für mehrere Gase nach Prozenten geeicht worden, und man kann sich in der Tat keine mühelosere und schneller verlaufende Gasanalyse vorstellen als die optische.

Daß als Instrument des zweiten Typus, dessen Meßgenauigkeit derjenigen der Gasanalyse über Quecksilber nicht nachstehen sollte, nur ein Interferenzapparat

[1]) Vgl. F. Haber, Optische Analyse der Industriegase. *Zeitschr. f. angew. Chem.* **19.** *S. 1418. 1906;* Derselbe, Das Gasrefraktometer. *Zeitschr. f. Elektrochem.* **13.** *S. 460. 1907*, sowie L. Stuckert, Über die Lichtbrechung der Gase und ihre Verwendung zu analytischen Zwecken. *Zeitschr. f. Elektrochem.* **16.** *S. 37. 1910.*

brauchbar sein würde, war uns von Anfang an klar; ebenso sicher aber war, daß weder ein Jaminsches noch ein Michelsonsches Interferometer Aussicht hatte, in chemischen Laboratorien heimisch zu werden. Hatte doch selbst die uns von Hrn. Haber namhaft gemachte Rayleighsche Anordnung, obwohl sie in einem Handbuche der Gasanalyse[1]) ausführlich beschrieben war, den Weg in die Praxis nicht gefunden.

Immerhin wies der optische Teil der Rayleighschen Anordnung den Vorzug auf, aus einfachen Elementen aufgebaut zu sein, während die Meßvorrichtung, die aus zwei Quecksilbermanometern mit Fernrohrablesung bestand, fast komplizierter war als das eigentliche Interferometer. Zudem sollte die beobachtete Erscheinung nach dem Berichte von Travers mit Mängeln behaftet sein, die das Arbeiten mit der Versuchsanordnung offenbar nicht verlockend haben erscheinen lassen.

Ich war daher angenehm überrascht, bereits in dem ersten vor zwei Jahren gebauten Versuchsexemplare nach exakter Justierung die Erscheinung, ein System gerader schwarzer und farbiger Interferenzstreifen im weißen Felde, in vollendeter Sauberkeit zu sehen; die von Ramsay und Travers beobachteten Mängel werden also wohl nur in den optischen Hülfsmitteln begründet gewesen sein, an deren Material und Form jedes Interferenz-Meßinstrument hohe Anforderungen stellt.

Nach einigen Versuchsreihen mit einem Wassermanometer, aus denen bereits die überaus hohe Empfindlichkeit der Einstellung hervorging, habe ich die Rayleighsche Art der Messung, den Ausgleich des Brechungsunterschiedes der zu vergleichenden Gase durch einen künstlich erzeugten Druckunterschied, aufgegeben und die rein optische Kompensation eingeführt. Der optische Kompensator, der bald näher zu beschreiben ist, hat alle Anforderungen aufs Beste erfüllt, sodaß wir nunmehr ein Interferometer für Chemiker nach Rayleighschem Prinzip haben, dessen einziger bewegter Teil der durch eine Meßschraube betätigte Kompensator ist.

Es möge zunächst das Prinzip des Rayleighschen Interferometers kurz erläutert werden (vgl. die Fig. 1 bis 3).

Ein aus einem Kollimator austretendes parallelstrahliges Lichtbüschel geht durch zwei parallele gleichbreite Spaltblenden hindurch in ein Fernrohr und erzeugt hier eine Fraunhofersche Beugungserscheinung. Verdeckt man zunächst eine Spaltblende, so besteht die Erscheinung bekanntlich aus einem weißen Bilde des Kollimatorspaltes, dem sogenannten Maximum nullter Ordnung, und den symmetrisch dazu angeordneten, im vorliegenden Falle nur durch sehr schmale dunkle Minimastreifen getrennten Beugungsspektren, von denen hier mit einer zehnfachen Lupe beiläufig je vier gut zu erkennen sind.

Öffnet man nun auch die zweite Spaltblende, so zeigt sich das bisher rein weiße Maximum von sehr feinen, schwarzen und bunten Streifen durchzogen, die Wirkung der Interferenz der beiden kohärenten, durch die Spaltblende gegangenen Strahlenbüschel. Diese Interferenzerscheinung verträgt bei den Dimensionen unseres Instrumentes eine 50-fache Okularvergrößerung. Der mit einer so hohen Vergrößerung notwendig verbundene Übelstand der geringen Helligkeit ist von Lord Rayleigh in eleganter Weise durch die Anwendung einer Zylinderlinse als Okular überwunden worden. Eine solche vergrößert nur in der Richtung senkrecht zu ihrer Achse, wirkt aber in Ebenen, die durch die Achse gehen, wie ein Fenster, eine Eigenschaft, die beim Rayleighschen Interferometer einen zweiten, weiter unten zu erläuternden, großen Vorteil bietet.

---

[1]) Travers, Experimentelle Untersuchung von Gasen. Braunschweig, Fr. Vieweg & Sohn 1905.

Leitet man nun jedes der beiden schließlich interferierenden Strahlenbüschel zwischen Kollimator und Fernrohr durch eine mit planparallelen, spannungsfrei befestigten Fenstern verschlossene Kammer (*G L* in Fig. 1) und füllt beide Kammern mit derselben Substanz, z. B. Luft, so bewahrt die Interferenzerscheinung ihr bisheriges normales Aussehen. Ersetzt man jedoch in einer Kammer die Luft allmählich durch ein anderes Gas (z. B. ein Kohlensäure-Luft-Gemisch, etwa die von einem Menschen ausgeatmete, vom Wassergehalte befreite Luft), so wandert die Interferenzerscheinung quer zur Richtung ihrer Streifen zur Seite.

Bei genügend großem Unterschiede der Brechungsindizes der Luft und des Luftgemisches rückt die Erscheinung aus dem Maximum nullter Ordnung, d. h. aus dem weißen Mittelfelde, heraus und in eines der Spektra höherer Ordnung, bis sie aus dem geringen lateralen Gesichtsfelde der Zylinderlinse überhaupt verschwindet.

Wenn es nun gelingt, die Wanderung der Erscheinung rückgängig zu machen, durch einen physikalischen Vorgang, der der Messung zugänglich ist, so hat man in diesem Kompensationsvorgang ein Maß für den Brechungsunterschied der beiden verglichenen Substanzen, in unserem Beispiele also der beiden Gase.

Zur Kompensation verwandte Rayleigh, wie erwähnt, den Zusammenhang zwischen Lichtbrechung und Druck eines Gases; er verminderte z. B. den Druck eines höher als Luft brechenden Gases so lange, bis das Gas dieselbe Lichtbrechung hatte, wie die Vergleichsluft, bis also die Interferenzerscheinung in ihre Null-Lage zurückgekehrt war.

Den letzteren Zweck erfüllt mit einfacheren Mitteln ein jeder optischer Kompensator, z. B. ein Paar Glaskeile, die durch mikrometrische Verschiebung des einen eine Platte von veränderlicher Dicke bilden, oder eine planparallele Platte, die um eine Achse quer zur Achse der Fernrohre mikrometrisch geneigt werden kann und so dem sie durchsetzenden Strahle einen Glasweg von veränderlicher Länge darbietet. Ein Kompensator der letzteren Art, also eine Modifikation des Jaminschen Kompensators, erwies sich als am besten für das Interferometer geeignet; von den zwei interferierenden Büscheln muß das eine eine feststehende, das andere eine gleich dicke, mit einem langen Hebel mikrometrisch drehbare Platte durchsetzen. Die Mikrometerschraube (*Tr* in Fig. 1) ist mit Umdrehungszähler (Rechen) und Ableselupe ausgerüstet; man eicht sie in bekannter Weise nach Prozenten der zu untersuchenden Gase, indem man die eine Kammer der Reihe nach mit Gasgemischen bekannter Konzentration füllt und aus den Konzentrationen und den Kompensatorablesungen eine Eichungskurve zeichnet. Der Zweck des Kompensators ist, wie erwähnt, das Interferenzbild an seine Null-Lage zurückzuführen.

Jetzt tritt eine neue Aufgabe hervor. Eine bestimmte Stelle im Gesichtsfelde eines astronomischen Fernrohres wird am besten durch eine reelle Marke, z. B. den Schnittpunkt eines Fadenkreuzes, oder durch einen bestimmten Strich einer Mikrometerteilung bezeichnet; alle solche reellen Marken sind aber in einem Fernrohre mit Zylinderokular nicht verwendbar. Ein Skalenstrich, der in unserem Falle den Interferenzstreifen, d. h. der Zylinderachse, parallel sein müßte, würde durch die Wirkung der Zylinderlinse zu einem breiten Balken vergrößert, der mehrere Interferenzstreifen verdecken und zu einer Einstellung auch deswegen nicht brauchbar wäre, weil an seinen Rändern eine neue Beugungserscheinung eintreten würde. Diese Schwierigkeit hat Lord Rayleigh überwunden, indem er zur Bezeichnung der Null-Lage der beweglichen Interferenzerscheinung eine zweite, der ersten genau gleiche, aber feststehende Interferenzerscheinung dauernd im Gesichtsfelde erzeugt,

und zwar so, daß die zugeordneten Streifen beider Erscheinungen in der Null-Lage sich gegenseitig verlängern.

Die Gas- und Luftkammer wird nämlich so zwischen die wagerecht liegenden Fernrohre eingeschaltet, daß die obere Deckelplatte beider Kammern in der Achse der Fernrohre liegt; die Kammern werden also nur von der unteren Hälfte des zylindrischen Strahlenbüschels durchlaufen. Dessen obere Hälfte geht vom Kollimatorobjektiv zur Doppelspaltblende und in das Fernrohr und erzeugt hier genau an der-

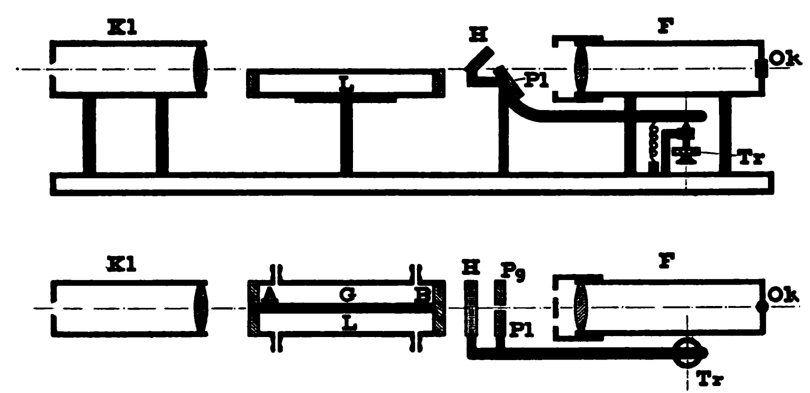


Fig. 1 (etwa $^1/_{30}$ nat. Gr.).
Interferometer im Aufriß und Grundriß. Das aus dem Kollimator *Kl* ausgetretene parallelstrahlige Büschel geht zum Teil durch die Kammern *L*, *G*, und die Kompensatorplatten *Pl*, *Pg*, zum Teil über den Kammern hin durch die Hülfsplatte *H* in das Fernrohr *F*, das mit einem Zylinderokular *Ok* ausgerüstet ist. *Tr* ist die 100-teilige Trommel der Mikrometerschraube des Kompensators. *G* bezeichnet die Gaskammer, die mit der Luftkammer *L* zusammengelötet ist. *Pg* ist die feste Platte des Kompensators. Die Doppelblende ist auf das Objektivende des Fernrohrs aufgeschoben. Die Zylinderachse steht parallel der Längsrichtung des Spaltes und der Doppelblende.

selben Stelle, wo die bisher betrachtete Interferenzerscheinung liegt, ein unveränderliches Streifensystem. Beide Systeme überlagern sich völlig und sind mit einer gewöhnlichen Lupe in der Null-Lage, auf die es uns gerade ankommt, nicht auseinanderzuhalten. Nun tritt der zweite Vorteil der Zylinderlinse zutage, nämlich die Tatsache, daß in den zur Achse parallelen Ebenen die Zylinderlinse nur wie ein Fenster wirkt. Man sieht also in diesen Ebenen auf die innere Fläche des Fernrohrobjektivs und erkennt z. B. scharf die wagerechte Deckelplatte der beiden Kammern, die sich als schwarzer wagerechter Strich projiziert (vgl. Fig. 7). Darüber erblickt man das von der oberen Hälfte des Strahlenbüschels erzeugte Interferenzbild, das wegen seiner Unveränderlichkeit die Nullstellung des Apparates bezeichnet, unter dem Trennungsstrich dagegen das bewegliche Interferenzbild. Durch Drehen an der Schraube des Kompensators kann man nun leicht die zwei schwarzen Streifen, die das Maximum nullter Ordnung, den weißen Mittelstreifen, begrenzen, in dem oberen und unteren Bilde genau auf Koinzidenz einstellen; die bunten Streifen, die Spektra erster, zweiter u. s. w. Ordnung sind für die Beurteilung der Einstellung nicht maßgebend.

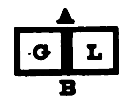


Fig. 2 (etwa $^1/_2$ nat. Gr.). Querschnitt durch die Gaskammer *G* und die Luftkammer *L*.

Dreht man von der Nullstellung aus, in der die zwei schwarzen Streifen beider Bilder sich verlängern, am Kompensator so lange, bis etwa unter dem linken schwarzen Streifen der oberen Erscheinung der rechte der unteren steht, so wird der rechte obere Streifen nicht durch einen schwarzen, sondern durch einen buntgesäumten verlängert, d. h. eine solche Einstellung ist nicht die Null-Lage.

Die Gleichheit der Temperatur des Versuchs- und des Vergleichsgases wird dadurch erreicht, daß die beiden messingenen Kammern, die einen rechteckigen Quer-

schnitt haben, an den zugewandten Seitenwänden miteinander mit Silber verlötet sind; man wird zur Sicherheit nach dem Einleiten des Gasgemisches einige Minuten vergehen lassen, ehe man die innerhalb einer Minute erledigte Ablesung vornimmt. Für gleichen Druck wird gesorgt, indem man das Versuchs- und das Vergleichsgas

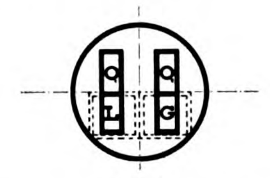


Fig. 3.
Blick durch die Hülse des herausgezogenen Okulares in das Innere des Fernrohres, auf dessen Objektiv. Der Querschnitt der Kammern ist punktiert, soweit sie durch die rechteckige Doppelblende verdeckt sind. *O O* sind die Querschnitte der oberen, im Gas-Interferometer durch Luft gehenden Strahlenbüschel, *L* und *G* diejenigen der die Luft- und die Gaskammer durchsetzenden Strahlenbüschel; die kurzen, wagerechten Querstriche erscheinen im Instrument durch die Wirkung der Hülfsplatte *H* in Fig. 1 erheblich dünner als in der Figur.

mit der Atmosphäre verbunden läßt; die Schlauchstutzen der beiden Kammern erhalten an Stelle von Hähnen ein Glaswollefilter oder ein während der Messungen offenes Chlorkalzium-Rohr. Über den Vorgang der Diffusion, die ohne diese Vorsichtsmaßregel bei hochprozentigen Gemischen oder bei von Luft optisch sehr verschiedenen Gasen merklich wird, kann man sich durch Beobachtung des Stillstands oder des Wanderns des unteren Streifensystems so gut Rechenschaft geben, daß das Interferometer sogar als bequemes Instrument zur Messung der Diffusionsgeschwindigkeit von Gasen dienen kann. Bestehen einmal Bedenken gegen die Verbindung beider Kammern mit der Atmosphäre, wie etwa bei der Untersuchung giftiger oder sonst lästiger Gase, so wird man je ein Ende der Gaskammer verschließen und zwischen die beiden anderen Enden ein einfaches U-Rohr bringen, das, mit einer indifferenten Flüssigkeit gefüllt, den Druckausgleich vermittelt.

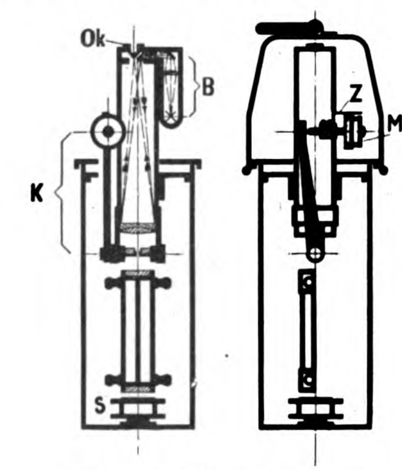


Fig. 4 (knapp $^1/_{10}$ der nat. Länge).
Schematische Skizze des tragbaren Gas-Interferometers.
Der Beleuchtungsapparat *B* ist in einem kleinen Tubus neben dem Fernrohre untergebracht. Das auf den Spiegel *S* nahezu senkrecht auffallende Licht wird zurückgeworfen und durch das Objektiv zu einem Interferenzbilde vereinigt, das dicht neben dem Spalte liegt und mittels des Okulares *Ok* betrachtet wird. Der Kompensator *K* ragt nur mit dem oberen Ende des Hebels und mit der Mikrometerschraube mit Trommel *M* und Umdrehungszähler *Z* aus dem Gehäuse heraus. Die Schutzkappe hat einen kräftigen Bügel zum Tragen.

Das Interferometer für Chemiker wird in zwei wesentlich voneinander verschiedenen Modellen ausgeführt. Das eine Modell, das „lange Interferometer" hat eine 1 *m* lange Gaskammer und ist für genaueste Laboratoriumsanalysen bestimmt; in seinem Äußeren ist es dem schematisch in Fig. 1 dargestellten ähnlich. Das andere, das „kleine Interferometer" ist nach dem Prinzip des Auto-Kollimators konstruiert worden und hat nur eine 10 *cm* lange Gaskammer (Fig. 4). An sich bietet die Methode der Autokollimation hier keinen weiteren Vorteil für die Konstruktion, als daß die Gesamtlänge des Apparates auf die Hälfte vermindert wird. Für ein Laboratoriumsinstrument hätte diese Verkürzung nicht den dafür in Kauf zu nehmenden Mangel der schwierigen Justierung aufgewogen. Wohl aber ist die verminderte Länge von

erheblichem Nutzen, wenn es sich um einen Apparat handelt, der für ambulante Untersuchungen bestimmt ist (Fig. 4 u. 5).

Auf die Möglichkeit, daß ambulante Untersuchungen von technisch wichtigen Gasen (z. B. der Rauchgase im Schornstein) unter Umständen eine große Bedeutung erlangen könnten, wenn nur einmal ein genügend genauer und doch gegen Stöße und andere Transportschäden unempfindlicher Apparat dafür vorhanden wäre, hat Hr. Prof. Haber in Karlsruhe mich hingewiesen, wofür ich ihm auch an dieser Stelle danken möchte.

Bei dem tragbaren Interferometer sind Kollimator und Fernrohr zu einem einzigen Teile vereinigt, dessen Objektiv die Strahlen auf dem Hinwege zum Spiegel parallel und auf dem Rückwege wieder konvergent macht. Die Brennebene des Objektivs enthält nebeneinander den sehr fein verstellbaren Spalt und das Zylinderokular. Die Gaskammern werden zweimal durchsetzt, ebenso die Kompensatorplatten; die beugende Doppelblende wurde in oder dicht an die Spiegelebene gelegt. Selbstverständlich ist der Spiegel mit Justiereinrichtungen reichlich ausgestattet. Als Lichtquelle dient hier nicht, wie beim Laboratoriums - Interferometer, eine Nernst-Lampe, sondern ein mit dem Fernrohre festverbundenes Osmium-Lämpchen, dessen Faden auf dem Spalte quer abgebildet wird. Das Interferenzbild hat bei dem tragbaren Modell natürlich nicht ganz dieselbe Brillanz wie im langen Modell, jedoch ist die Null-Lage ebenso eindeutig und leicht einstellbar, wie oben beschrieben.



Fig. 5
Tragbares Gas-Interferometer mit und ohne Schutzkappe.

Bei dem Bestreben, nach dem Rayleighschen Prinzipe ein Interferometer für Flüssigkeiten herzustellen, erwies das tragbare Modell sich als geeigneter als das lange Interferometer. Das Wasser-Interferometer ist daher in Anlehnung an das tragbare Gas-Instrument konstruiert worden. Der Raum, in dem bei diesem die 10 *cm* langen Gaskammern angeordnet sind, dient nun als Temperierbad, in das die Versuchs- und Vergleichswasserkammern von oben her eingehängt sind. An die parallele Ausrichtung und die Spannungsfreiheit der je 2 oder 4 Fensterplatten, durch die jedes Strahlenbüschel zweimal hindurchtreten muß, werden sehr hohe Anforderungen gestellt. Sind diese aber einmal erfüllt, so ist es eine Kleinigkeit, den Brechungsunterschied etwa zwischen destilliertem Wasser und Leitungswasser auf eine halbe Einheit der sechsten Dezimale genau mit einigen Kubikzentimeter Substanz zu be-

stimmen. Die Kammern (Fig. 6) werden in einer Länge von $^1/_2$, 1, 2 und 4 *cm* hergestellt; sie sind so eingerichtet, daß sie aufs bequemste gefüllt und vor allem gereinigt werden können, was für das Hantieren mit trüben Flußwässern besonders wichtig ist. Der Temperaturausgleich zwischen den gefüllten Wasserkammern und dem Temperierbad ist sehr leicht zu verfolgen. Solange er nämlich nicht beendet ist, sind die Streifen des veränderlichen Systems, das bei diesem Modell das *obere* ist, entweder krumm (Fig. 7), oder sie verlaufen schräg zu denen des festen Interferenzbildes.

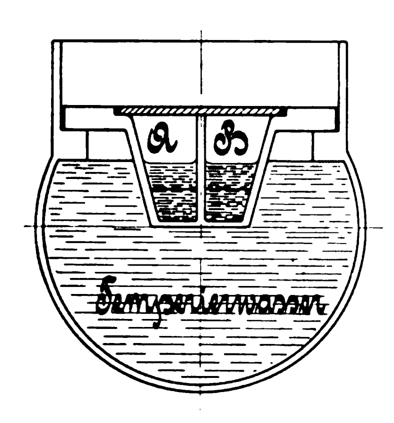


Fig. 6 (etwa $^1/_2$ nat. Gr.). Schnitt durch das Temperierbad und die bequem herauszunehmenden Wasserkammern *A B* des Wasser-Interferometers.

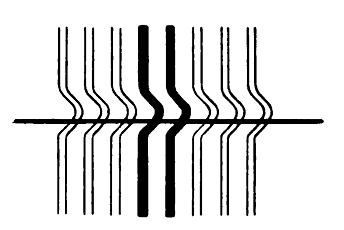


Fig. 7. Schematische Darstellung des Interferenzbildes vor beendetem Temperaturausgleich. Die Doppelstreifen bezeichnen die buntgesäumten Minima höherer Ordnung.

Mit der Messung darf selbstverständlich erst begonnen werden, nachdem das Interferenzbild das normale Aussehen angenommen hat, d. h. nach 2 bis 3 Minuten, sofern die Lösungen bereits längere Zeit im Beobachtungsraume aufbewahrt waren. Alsdann ist die Erscheinung von derjenigen bei der Untersuchung von Gasen nicht zu unterscheiden.

Trübungen des Wassers bewirken, wenn sie nicht gar zu stark sind, nur eine geringe Verminderung der Helligkeit des einen Bildes, ohne die Schärfe der Koinzidenzeinstellung merklich zu beeinträchtigen. Sehr trübe Wässer müssen in der üblichen Weise geklärt werden, was bei der geringen notwendigen Wassermenge (einige *ccm*) eine kleine Mühe ist.

Seiner hohen Meßgenauigkeit wegen ist das Wasser-Interferometer zunächst für sehr genaue Bestimmung des Salzgehalts im Meerwasser und für Untersuchung von Quellwässern, Betriebswässern und insbesondere von verunreinigten Flußwässern bestimmt.

Eine Aufgabe der amtlichen Flußwasseruntersuchung ist z. B. die Ermittelung der Salzmengen, die von einzelnen Fabriken der Kali-Industrie den Flüssen zugeführt werden; als Vergleichswasser wird in diesem Falle eine oberhalb der Einmündung des Fabrikkanals dem Flusse entnommene Probe dienen, und die Messung im Interferometer liefert den Zuwachs, den das Brechungsvermögen des Flußwassers durch die eingeleiteten Endlaugen erfährt, und damit ein Maß für die Salzmenge. Physikalisch-chemische Aufgaben, wie die Untersuchung kolloidaler Lösungen, die Ermittelung des Zusammenhanges zwischen elektrischer Leitfähigkeit und Lichtbrechung verdünnter Salzlösungen oder des Vorgangs der Lösung von Gasen in Flüssigkeiten (z. B. der zeitliche Verlauf der Absorption von Kohlensäure durch destilliertes Wasser) können auch mit einfarbigem Lichte ausgeführt werden.

An Stelle des Natriumlichtes wird man das erheblich hellere Licht der Linie D_3 des Heliums verwenden, für die übrigen Teile des Spektrums sind die *C*-Linie des Wasserstoffspektrums und die hellsten Quecksilberlinien zu empfehlen.

Die Genauigkeit der Messungen hängt bei allen Modellen ganz und gar von der Länge der Gas- und Wasserkammern ab. Bei Präzisionsmessungen, die der sogenannten exakten Gasanalyse über Quecksilber an die Seite zu stellen sind, hat sich eine Länge der Gaskammern von 1 *m* bei den Versuchen im Institute des Hrn. Prof. Haber als

ausreichend erwiesen; das Laboratoriums-Interferometer hat alsdann eine Länge von rund 2 *m* und gestattet, CO_2 in Luft bis auf 0,02% genau zu messen. Ein Instrument gleicher Länge lieferte in einem Bergwerkslaboratorium bei der Bestimmung von Methan in Grubenluft dieselbe Fehlergrenze.

Brauchte man nur eine Genauigkeit von 0,2%, so genügten Gaskammern von 10 *cm* Länge; es ist also ein Leichtes, die Empfindlichkeit des Interferometers und seinen Meßbereich dem gerade vorliegenden Zwecke in den weitesten Grenzen durch das nur wenige Minuten erfordernde Auswechseln der Gaskammern oder Wasserkammern anzupassen, das nicht die geringste Justierung am Interferometer zur Folge hat. Um aus den übereinstimmenden, bei Kohlensäure und dem bezüglich seiner Lichtbrechung fast gleichwertigen Methan ermittelten Fehlergrenzen der Einstellung der Messung (±0,02%) Schlüsse auf die in anderen Fällen zu erwartende Genauigkeit zu ziehen, soll zunächst der der prozentischen Fehlergrenze entsprechende Brechungsunterschied δn berechnet werden, d. h. also derjenige Brechungsunterschied, der eine noch sicher erkennbare Wanderung des Streifensystems hervorruft. Es sei bei Atmosphärendruck und einer beliebigen, aber konstanten Temperatur: n_1 der Brechungsindex der Luft (bezogen auf den leeren Raum) und n_2 der Brechungsindex reiner Kohlensäure, ferner p der (Volum-)Prozentgehalt des Kohlensäure-Luft-Gemisches, so berechnet sich der Brechungsindex des Gemisches n zu

$$n = n_1 + \frac{p}{100}(n_2 - n_1). \qquad 1)$$

Der Brechungsunterschied zwischen dem Gasgemische und Luft ist also

$$\delta n = n - n_1 = \frac{p}{100}(n_2 - n_1). \qquad 2)$$

Nun ist für Luft: $n_1 = 1{,}000293$, für CO_2: $n_2 = 1{,}000450$, also ist $n_2 - n_1 = 157 \cdot 10^{-6}$; ferner war $p = 0{,}02$, es ist also $\frac{p}{100} = 2 \cdot 10^{-4}$, folglich ergibt sich

$$\delta n = 2 \cdot 10^{-4} \cdot 157 \cdot 10^{-6} = 314 \cdot 10^{-10} = 3{,}14 \cdot 10^{-8},$$

d. h. es ist mit dem Interferometer bei Verwendung der 1 *m*-Gaskammer ein Brechungsunterschied von rund 3 Einheiten der achten Dezimale noch sicher zu erkennen.

Die Berechnung der Fehlergrenze läßt sich auch auf die folgende rein optische Überlegung gründen. Zwischen den beiden schwarzen Streifen, den Minimis erster Ordnung, besteht ein Gangunterschied von einer Wellenlänge. Auf Grund meiner Erfahrungen mit sehr verschiedenen Beobachtern kann ich damit rechnen, daß ein Ungeübter die Streifen auf $\pm {}^1/_{20}$ Streifenbreite genau in die Verlängerung der festen Streifen einstellt. Die Unsicherheit der Messung entspricht also ${}^1/_{20}\,\lambda$. Eine gleich große Änderung der Einstellung würde durch eine gleich große Wegelängendifferenz zwischen den beiden interferierenden Büscheln hervorgerufen werden. Die optische Wegelänge L in der Gaskammer ist, wenn l die lichte Länge der Gaskammer in *mm* und n den Brechungsindex des Gases bezeichnet,

$$L = l \cdot n = 1000\,mm \cdot n.$$

Eine geringe Änderung von n im Betrage von δn verursacht die Wegelängendifferenz $\delta L = l \cdot \delta n$. Soll die Wegelängendifferenz gleich ${}^1/_{20}\,\lambda$ werden, so erhalten wir

$${}^1/_{20}\,\lambda = l \cdot \delta n.$$

Nehmen wir für die Wellenlänge den ungünstigen, hohen Wert $\lambda = 600\,\mu\mu$ und setzen für l die Kammerlänge 1000 *mm* ein, so kommt

$$\frac{600\,\mu\mu}{20} = 1000\,mm \cdot \delta n$$

oder

$$\delta n = \frac{30\,\mu\mu}{1000\,mm} = \frac{30 \cdot 10^{-6}\,mm}{1000\,mm} = 3 \cdot 10^{-8},$$

wie oben.

Die Fehlergrenze des tragbaren Gas-Interferometers beträgt, da die 10 *cm* langen Kammern zweimal durchsetzt werden, also wie 20 *cm* lange Kammern wirken, das Fünffache derjenigen des Laboratoriums-Interferometers, d. h. 0,1 % CO_2, was mit der Erfahrung übereinstimmt. Dieses Modell erfüllt also die Anforderungen, die eingangs für das weniger genaue Instrument gestellt wurden.

Die Fehlergrenze des tragbaren Wasser-Interferometers schließlich hat bei 4 *cm* langen Kammern den Wert $\delta n = \pm 0{,}0000005$, was einem Kochsalzgehalt von 0,003 ‰ entspricht. Selbst wenn man die Länge der Kammern auf 5 *mm* beschränkt, wird die von der Stockholmer internationalen Ozeanographischen Konferenz (1899) als „erstrebenswert“ bezeichnete Genauigkeit der Salzgehaltbestimmung (± 0,05 ‰), die bisher nur durch pyknometrische Messungen im Laboratorium zu erzielen war, mit dem Wasser-Interferometer an Bord eines Expeditions-Schiffs leicht erreicht. So kann, so absurd es klingt, die Interferenz-Refraktometrie auf dem Umwege über die Ermittelung der Wanderungen des Polarstromes und des Golfstromes in den nördlichen Teilen des Atlantischen Ozeans, die durch die subtilsten ozeanographischen Messungen erfolgt, ein Hülfsmittel für die Wettervorhersage im großen werden.

Photometer nach Lummer und Brodhun für zweiäugige Beobachtung.

Von

Dr. **Hugo Krüss** in Hamburg.

Es wird von manchen Beobachtern als lästig empfunden, bei Anwendung eines optischen Meßinstrumentes nur ein Auge benutzen zu sollen. Nicht jeder ist ohne weiteres imstande, das andere Auge in Ruhe zu stellen; es wird häufig krampfhaft geschlossen und dadurch dann auch die Ruhe des beobachtenden Auges gestört. Man hat manchmal schon Abhülfe zu schaffen versucht durch eine scheinbar zweiäugige Einrichtung, bei welcher das zur Untätigkeit verurteilte Auge einfach in ein vollkommen dunkles Rohr blickt.

Diese äußerlichen Erwägungen sind aber keineswegs der Grund gewesen für die große Anzahl von Instrumenten zum zweiäugigen Sehen, sondern man hat vielmehr dadurch ein natürliches Sehen wie mit unbewaffneten Augen, ein körperliches, stereoskopisches Sehen erreichen wollen. Daraus entstanden die Stereoskope, die Doppelfernrohre und die zweiäugigen Mikroskope, über welche v. Rohr eine vollständige Übersicht gegeben hat[1]).

Bei den Photometern liegt ein derartiges Bedürfnis nach körperlichem Sehen nicht vor, nur die im Eingang angeführten äußerlichen Gründe haben manches Mal den Wunsch erweckt, ein Photometer für zwei Augen zu besitzen. Diese konnten mich aber nicht veranlassen, mir die Aufgabe der Konstruktion eines solchen Instrumentes zu stellen. Erst eine Arbeit R. Stiglers[2]) brachte mich diesem Gedanken näher, da in derselben entschieden die Vorteile des zweiäugigen Sehens beim Photometrieren hervorgehoben werden.

---

[1]) M. v. Rohr, Die binokularen Instrumente. Berlin, J. Springer 1907.

[2]) Über den physiologischen Proportionalitätsfaktor nebst Angabe einer neuen subjektiven Photometriermethode. *Zeitschr. f. Sinnesphys.* **44.** *S. 62. 1909.*

Fechner[1]), Helmholtz[2]) und Aubert[3]) hatten darauf hingewiesen, daß die Helligkeit der gesehenen Bilder größer sei beim Sehen mit zwei Augen als bei Benutzung nur eines Auges, wenn auch Helmholtz hinzufügte, daß dieses Verhältnis für manche Augen kaum wahrnehmbar sei, und Aubert fand, daß wohl ein mattbeleuchtetes weißes Papier, jedoch nicht der helle Himmel bei Verdeckung eines Auges dunkler erscheine.

Da Stigler die in Betracht kommenden Verhältnisse sehr ausführlich dargelegt hat, so kann hier darauf verwiesen werden, und es genügt, die Hauptgründe für die Überlegenheit der zweiäugigen gegenüber der einäugigen Beobachtung kurz zu wiederholen.

Broca hat zuerst das Verhältnis der Flächenhelligkeit und Unterschiedsempfindlichkeit bei zwei- und einäugiger Beobachtung messend untersucht[4]). Er stellte an einem Lambertschen Photometer fest, daß sich die Helligkeitsempfindungen beider Augen ergänzen, und an rotierenden Massonschen Scheiben, daß, wenn mit dem einen Auge noch der n-te, mit dem anderen noch der p-te Ring vom Mittelpunkte der Scheibe aus unterschieden werden konnte, das Unterscheidungsvermögen bei Benutzung beider Augen bis zum $(n+p)$-ten Ring ging. sodaß die Unterschiedsempfindlichkeiten beider Augen sich addieren. Wie bei der einäugigen Beobachtung durch geeignete optische Vorrichtungen die Blickrichtung fixiert werde, müsse natürlich auch bei zweiäugiger Beobachtung der Kopf im Verhältnis zur photometrischen Vergleichsfläche in feste Lage gebracht werden, da sonst schwankende Ergebnisse erzielt würden.

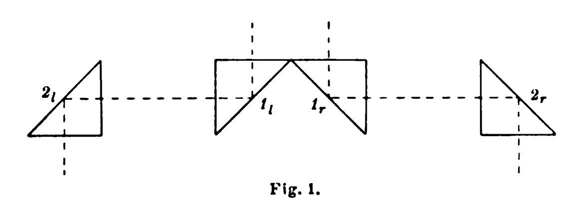


Fig. 1.

Broca konstruierte dann mit Blondel das Universalphotometer für zwei Augen[5]), in welchem er die Teilung des Strahlenbüschels und die Erweiterung desselben auf den Abstand der beiden Augen durch vier reflektierende Prismen 1_l und 1_r, 2_l und 2_r (Fig. 1) vornahm, wie sie schon 1852 in dem ersten Binokularmikroskop von J. L. Riddell[6]) angewandt worden waren.

Stigler führt noch weitere Arbeiten mit Ergebnissen in gleichem Sinne an und beschreibt dann seine eigenen Versuche, welche zweifellos bei Beobachtung mit zwei Augen eine größere Helligkeitsempfindung ergaben als mit einem Auge. Wichtiger sind aber für die praktische Photometrie seine Versuche über die Unterschiedsempfindlichkeit.

Er fand nach einer photometrischen Methode, bei welcher die zur Wirkung gelangenden Lichtmengen durch Blenden verändert werden konnten, folgende Werte für die prozentuellen Fehler bei Versuchsreihen von je 10 Einstellungen:

Einäugig		Zweiäugig
Linkes Auge	Rechtes Auge	
2,17	2,5	1,49
2,34	1,8	1,59
1,4	2,3	1,1

[1]) *Abhandlgn. d. Sächs. Gesellsch. d. Wiss.* **7.** *S. 416. 1861.*
[2]) H. v. Helmholtz, Physiologische Optik. II. Aufl. Hamburg u. Leipzig, L. Voss 1896. *S. 941.*
[3]) H. Aubert, Physiologie der Netzhaut. Breslau 1865. *S. 282.*
[4]) *Journ. de phys.* **3.** *S. 206. 1894.*
[5]) E. Liebenthal, Praktische Photometrie. Fr. Vieweg & Sohn, Braunschweig 1907. *S. 214.*
[6]) M. v. Rohr, *a. a. O. S. 70.*

Hier ist also der prozentuelle Fehler bei zweiäugiger Beobachtung in allen Fällen kleiner als bei einäugiger; die Unterschiedsempfindlichkeit ist also in ersterem Falle größer, auch soll nach Stigler die Ermüdung geringer sein als bei einäugiger Beobachtung. Durch in anderer Richtung liegende Versuche veranlaßt, hob er als weiteren Vorteil der zweiäugigen Beobachtung beim Photometrieren den Umstand hervor, daß die verschiedene Empfindlichkeit symmetrischer Anteile des fovealen somatischen Gesichtsfeldes geringer sei bei zweiäugigem Sehen als bei einäugigem.

Die Benutzung der beiden Augen bietet nun keine besonderen Schwierigkeiten bei solchen Photometern, wo die Beleuchtungsstärke zweier Flächen unmittelbar miteinander verglichen wird, wie z. B. bei den Photometern nach Foucault, Rumford, Bunsen, Ritchie, Joly u. a. Die Sache liegt aber nicht so einfach, wenn man die zweiäugige Beobachtung beim Photometer nach Lummer und Brodhun einführen will. Die Aufgabe, um die es sich hierbei handelt, ist folgende.

Es sei in Fig. 2 P die Hypotenusenfläche des Lummer-Brodhunschen Würfels, durch welche hindurch bezw. an welcher reflektiert der Photometerschirm S von dem in A befindlichen Auge gesehen wird, und zwar meistens durch eine oder mehrere Linsen, doch kommt das zunächst nicht in Betracht. Immer aber wird die Hypotenusenfläche, auf der ja dies Vergleichen der photometrischen Felder stattfindet, auf der Netzhaut des Auges scharf abgebildet, während die Fläche des Photometerschirmes S die Beleuchtung der Hypotenusenfläche bewirkt. Betrachtet man nun die Hypotenusenfläche P anstatt mit einem Auge A mit den beiden Augen A_l und A_r, so zeigt die Fig. 2 ohne weiteres, daß dann für die beiden Augen verschiedene Teile des Photometerschirmes S wirksam sind.

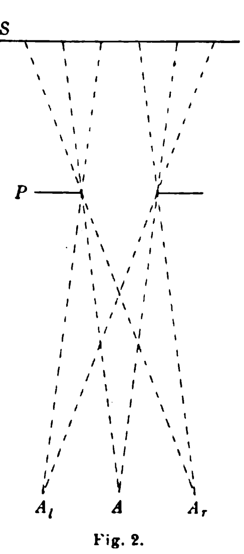


Fig. 2.

Die erste zu erfüllende Bedingung ist also die, daß für beide Augen die gleichen Teile des Photometerschirmes in Wirkung treten; dazu kommt als zweite, allerdings nicht so wesentliche Bedingung, daß nicht eine beträchtliche Lichtschwächung herbeigeführt werde.

Die zweite Bedingung schließt nach meiner Meinung alle die Einrichtungen aus, bei welchen infolge Teilung des Lichtbündels für jedes Auge nur die Hälfte der Lichtmenge zur Verfügung steht, wie solches vielfach bei den zweiäugigen Mikroskopen der Fall ist. Infolge der ersten Bedingung kommen alle Konstruktionen zweiäugiger Lupen für die vorliegende Aufgabe nicht in Betracht, da hierbei wohl die Hypotenusenfläche P von beiden Augen beobachtet und ihre Bilder auf korrespondierende Punkte der Netzhäute entworfen werden, aber verschiedene Teile des Photometerschirmes für die beiden Augen wirken.

Zunächst muß nun untersucht werden, ob man die vier Reflexionsprismen Riddells bezw. Brocas bei dem Lummer-Brodhunschen Photometer anwenden kann, und welche Anforderungen dadurch gestellt werden. Hierbei ist vor allem zu berücksichtigen, daß zur Beobachtung der Hypotenusenfläche eine optische Vorrichtung benutzt zu werden pflegt, welche aus einer Linse L und einer in einiger Entfernung davon befindlichen Okularblende O besteht (Fig. 3). Ist das Auge auf unendlich eingestellt, so befindet sich die Linse L im Abstande ihrer Brennweite von der Hypotenusenfläche P des Prismenpaares. Die Augenblende O hat den Zweck, das Auge in einer bestimmten Richtung zur Hypotenusenfläche zu fixieren. Aus dem in Fig. 3

gezeichneten Strahlengang ist ersichtlich, daß die Linse L eine bestimmte Größe haben muß, damit das in A befindliche Auge die ganze Hypotenusenfläche übersehen kann. Man wird daraus sofort schließen können, daß bei zweiäugiger Beobachtung unter Anwendung der vor die Linse gesetzten, die Strahlen nach links und rechts ablenkenden Prismen 1_l und 1_r (Fig. 1) jede Hälfte der Linse diese Größe, die ganze Linse also mindestens den doppelten Durchmesser haben muß als bei dem Instrument für einäugige Beobachtung.

In Fig. 4 ist auf die beiden äußeren Reflexionsprismen in Fig. 1 keine Rücksicht genommen, da diese nur die Erweiterung auf den Augenabstand bewirken; es sind also die Örter für die beiden Augen A_l und A_r in dem Abstande der beiden inneren Reflexionsprismen voneinander gezeichnet. Man ersieht aus Fig. 4 die Notwendigkeit der größeren Abmessung der Linse L; man sieht aber auch, daß hier nicht ein und derselbe Teil des Photometerschirmes für beide Augen wirksam ist. Diese Verschiedenheit ist hier zwar nicht ganz so groß wie bei der Betrachtung mit unbewaffnetem Auge (Fig. 2), aber als eine vollkommen einwandfreie Konstruktion kann man doch diese Anordnung nicht bezeichnen.

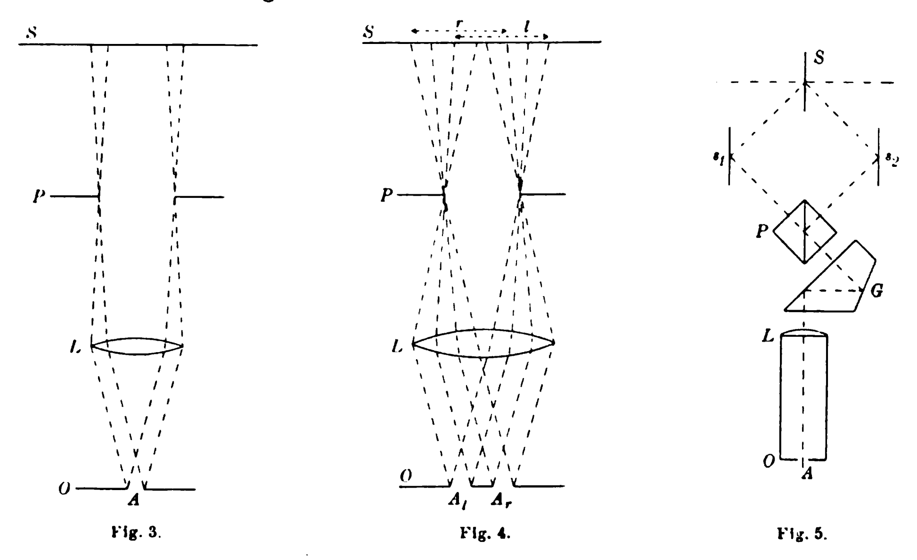


Fig. 3. Fig. 4. Fig. 5.

Ich mußte mich deshalb entschließen, einen anderen Weg einzuschlagen, der zwar nicht so einfach sein kann, aber dafür die aufgestellten Bedingungen streng erfüllt. Ich erreichte dieses dadurch, daß ich jedem Auge seinen Lummer-Brodhunschen Würfel gab und die optischen Achsen beider auf denselben Punkt des Photometerschirmes richtete. Vor Beschreibung dieser Anordnung sei durch Fig. 5 in schematischer Weise an die Konstruktion des Lummer-Brodhunschen Photometers erinnert. Ich lege dabei die früher von mir beschriebene Ausführungsform zugrunde[1]).

Die beiden Seiten des Photometerschirmes S beleuchten die Hypotenusenfläche des Prismenpaares P durch die beiden rechts und links aufgestellten Spiegel s_1 und s_2. Durch das Reflexionsprisma G werden die Strahlen wieder in die Mittellinie des Instrumentes gelenkt und gelangen durch die Linse L und die Okularblende O in das Auge A. Soll nun für jedes Auge ein Lummer-Brodhunsches Prismenpaar vorhanden sein, so müssen beide mit ihren Hypotenusenflächen in der Mittellinie des Instrumentes, in der Ebene des Photometerschirmes S, stehen; es müssen also an Stelle des Prismen-

[1]) *Journ. f. Gasbel.* **37.** S. 61. 1894; **39.** S. 265. 1896.

paares P (Fig. 5) zwei solcher Prismenpaare P_l und P_r (Fig. 6) angebracht werden, und zwar symmetrisch zum Mittelpunkte des Photometerschirmes S. Anstatt je eines Spiegels s_1 und s_2 werden auf jeder Seite zwei s_{1_l}, s_{1_r} und s_{2_l}, s_{2_r} angebracht, und zwar in solcher Neigung, daß der Mittelpunkt des Photometerschirmes S in jedem der Prismenpaare in horizontaler Richtung gesehen wird. Durch zwei über einander stehende Reflexionsprismen G und zwei senkrecht über einander stehende Linsen L werden die Strahlen ebenso wie in der durch Fig. 5 angedeuteten Weise weitergeleitet.

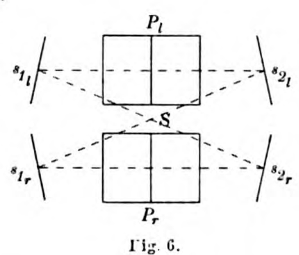


Fig. 6.

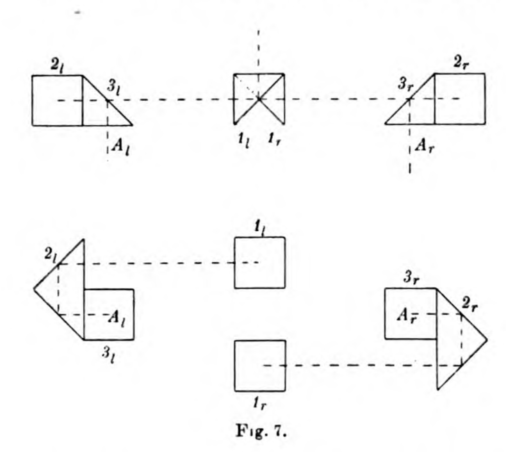
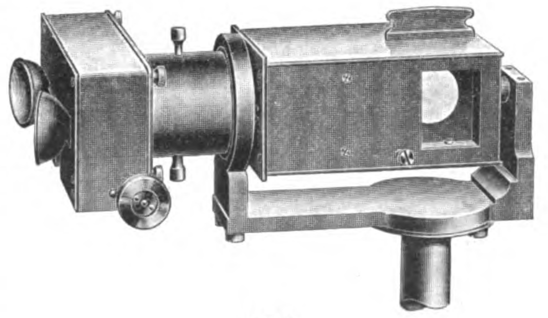


Fig. 7.

Die für die beiden Augen bestimmten Bilder der Hypotenusenflächen der beiden Prismenpaare P_l und P_r liegen also senkrecht über einander, und es handelt sich nun darum, sie wieder in ein und dieselbe Höhe und in den Abstand der beiden Augen voneinander zu bringen.

Das geschieht in einfacher Weise durch die etwas veränderte Riddellsche bezw. Brocasche Benutzung einer Reihe Reflexionsprismen, wie sie in Fig. 7 in Aufsicht und Ansicht dargestellt sind. Die rechtwinkligen Prismen 1_l und 1_r befinden sich in der Mittellinie des Instrumentes in gleichem vertikalen Abstand voneinander wie die beiden Prismenflächen. Ihre Hypotenusenflächen sind gegen einander gekreuzt, sodaß das Prisma 1_l die Strahlen nach links, das Prisma 1_r sie nach rechts reflektiert. Diese beiden Prismen sind in fester Stellung angebracht, wogegen die seitlichen Prismen 2 und 3 in horizontaler Richtung verschiebbar sind zur Anpassung an den Augenabstand des Beobachters.


Fig. 8.

Durch zweimalige Reflexion in den rechtwinkligen Prismen 2_l und 2_r werden die für das linke und das rechte Auge bestimmten Strahlen auf dieselbe mittlere Höhe gebracht und dann durch die ebenfalls rechtwinkligen Prismen 3_l und 3_r horizontal nach vorn in die Augen A_l und A_r des Beobachters gesandt.

Fig. 8 zeigt noch eine äußere Ansicht des Instrumentes. Die beiden in der Seitenwand angebrachten Schrauben gestatten die Spiegel s_{1_l}, s_{1_r} und s_{2_l}, s_{2_r} (Fig. 6) so einzustellen, daß die von der Mitte des Photometerschirmes S kommenden Strahlen horizontal durch die Mitte der Prismenpaare gehen. In dem vorderen Ansatzrohre sind die beiden Linsen verschiebbar vorhanden; durch die beiden nach oben und unten herausragenden Knöpfe können sie so eingestellt werden, daß die Hypotenusenflächen der Prismenpaare den vor den Augenmuscheln befindlichen Augen des

Beobachters scharf eingestellt erscheinen. In dem vorderen viereckigen Kasten befinden sich die in Fig. 7 schematisch dargestellten Prismen. Die Entfernung der beiden Außenpaare voneinander kann durch eine Schraube, deren Knopf seitwärts heraussteht, symmetrisch zur Mittellinie verändert werden, um die austretenden Strahlen in die Entfernung der beiden Augen voneinander zu bringen; eine Millimeterteilung an der Vorderseite erlaubt, diese Entfernung abzulesen. Stimmt der Augenabstand nicht mit der Einstellung dieser Prismen überein, so wird man die beiden Hypotenusenflächen der Prismenpaare als zwei getrennte Bilder wahrnehmen; durch entsprechende Drehung des seitlichen Knopfes werden sie leicht zur Deckung gebracht.

Der ganze Photometerkopf kann um seine von vorn nach hinten gehende Achse um 180° gedreht werden, damit jederzeit festgestellt werden könne, ob das Photometer auch in seiner Wirkung symmetrisch sei, und man, wenn dieses nicht der Fall sein sollte, durch zwei Einstellungen in den beiden Lagen des Instrumentes den Fehler der Unsymmetrie auszuschalten vermag.

Über die Konstruktion eines Vakuum-Spektrometers.

Von
A. Trowbridge und **E. Keil** in Princeton, N. J.

Für spektralanalytische Untersuchungen im äußersten Ultraviolett ist es unumgänglich nötig, ein Spiegelspektrometer zu benutzen, in welchem die Strahlen durch ein vom Spalt bis zur photographischen Platte reichendes Vakuum gehen. Eine solche Anordnung schließt die atmosphärische Absorption aus und ist daher auch im Ultrarot vorteilhaft zu verwenden, allerdings, selbst für genaue Untersuchungen, nicht unbedingt erforderlich. Die Energie im Ultrarot wird gewöhnlich mit Bolometer oder Thermosäule in Verbindung mit einem hochempfindlichen Galvanometer von kleinem ohmischen Widerstand gemessen. Nun ist es schwierig, die beiden Bolometerstreifen, bezw. die benachbarten Lötstellen der Thermosäule auf gleicher Temperatur zu halten, wenn das Meßinstrument der Strahlung der Lichtquelle nicht mehr ausgesetzt ist; hierdurch wird auch der Ausnutzung der erreichbaren Empfindlichkeit eine Grenze gesetzt. Die unregelmäßigen Temperaturschwankungen im Meßinstrument rühren von Konvektionsströmungen in der umgebenden Luft her; werden diese vermieden, indem das Instrument evakuiert wird, so verschwinden auch die unregelmäßigen Schwankungen in der Ruhelage des Galvanometers fast vollständig, und eine weit höhere Meßgenauigkeit wird dadurch erreicht.

Einer von uns war vor einiger Zeit an einer Untersuchung beteiligt, für welche ein großes, luftdichtes Gehäuse benötigt wurde; dieses mußte jedoch so konstruiert sein, daß die im Innern befindlichen Teile von außen justiert und gehandhabt werden konnten, ohne das Vakuum zu beeinträchtigen. Der Druck sollte längere Zeit einige hundertstel Millimeter Quecksilberdruck nicht überschreiten, eine Forderung, die auch sehr zufriedenstellend erfüllt wurde.

Durch diesen Erfolg ermutigt und mit wertvollen Erfahrungen ausgerüstet, erschien es nun möglich, ein genügend großes Vakuum-Spektrometer für Untersuchungen sowohl im Ultrarot als auch im Ultraviolett anzufertigen. Das im folgenden beschriebene Instrument ist so konstruiert, daß sowohl ein Prisma als auch ein Gitter benutzt werden kann. Bolometer oder Thermosäule dienen als Meßinstrument

für Untersuchungen im Ultrarot; bei Arbeiten im Ultraviolett wird an deren Stelle ein Halter für eine photographische Platte eingesetzt.

Fig. 1 zeigt das Instrument im Aufriß. Das Hauptlager enthält den Konus *k*, an dessen unterem, zylindrischem Ende ein in Grad geteilter Kreis *K* und das Schneckenrad *r* angebracht sind. Der Ring *R*, welcher die Schnecke *s* trägt, verleiht gleichzeitig den drei Füßen, auf denen das ganze Instrument steht, die nötige Stabilität; die Schraube *g* in der Mitte des Ringes *R* dient zum Anheben des Konus *k*, wenn das Instrument auseinander genommen werden soll. Am oberen Ende des Konus k_1,

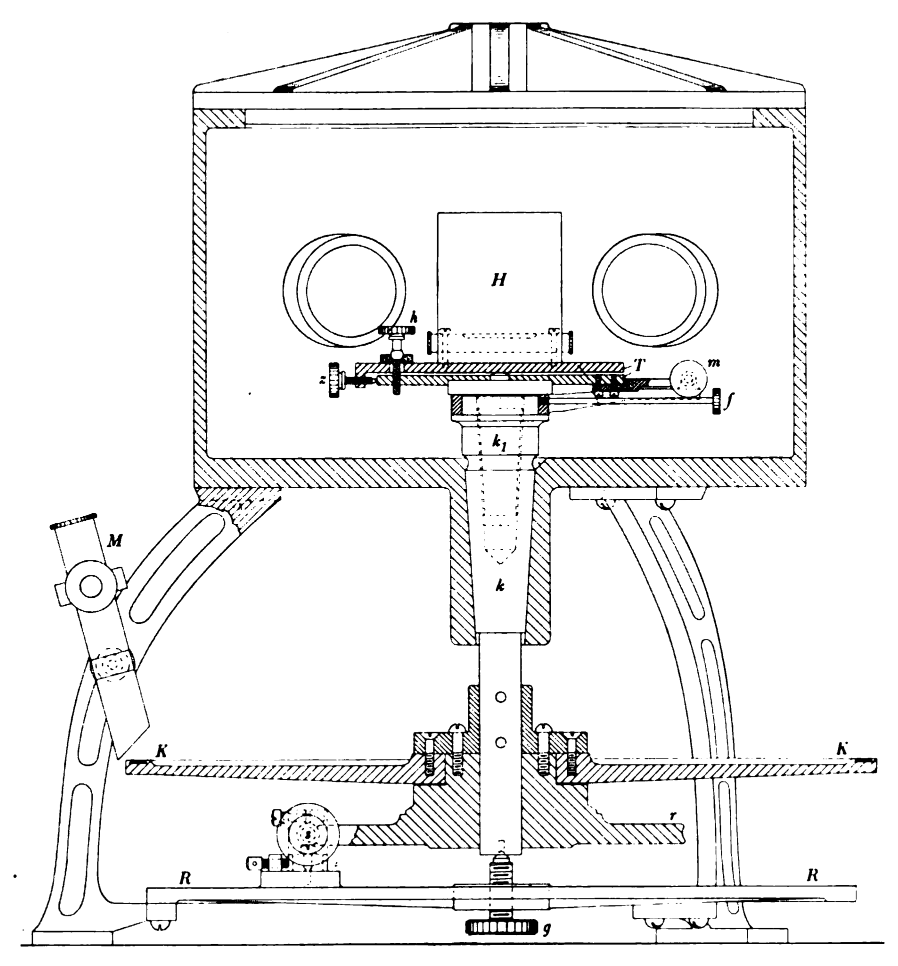


Fig. 1 (etwa 1/5 nat. Gr.).

welcher sich zentrisch in *k* dreht, befindet sich der aus zwei Teilen hergestellte Tisch *T*, der zur Aufnahme des Gitters oder des Prismas bestimmt ist. Drei Schrauben *z* ermöglichen es, *T* zu zentrieren, während drei Schrauben *h* bestimmt sind, den Tisch mittels einer Libelle in horizontale Lage zu bringen; mit der Mikrometerschraube *m* kann der Winkel für Gitter oder Prisma eingestellt werden. Die Festklemmung erfolgt mit der Schraube *f*, nachdem alle Justierungen vorgenommen worden sind. *H* ist der Halter für das Gitter; er wird entfernt, wenn das Prisma benutzt werden soll. Die Ablesungen werden an dem Teilkreis *K* mittels des an einem der Füsse des Instruments befestigten Mikrometer-Mikroskops *M* vorgenommen; ein Trommelteil des Mikrometers entspricht einer Bogensekunde. Schnelle Ablesungen,

allerdings auch weniger genau, können vorgenommen werden, indem man eine Trommel, die an der Schnecke *s* befestigt ist, benutzt.

Fig. 2 zeigt Einzelheiten der zwei konkaven Spiegel S_1 und S_2 (vgl. Fig. 3); sie bestehen für Arbeiten im Ultrarot aus versilbertem Glas, hingegen für Untersuchungen im Ultraviolett aus Spiegel-Metall und sind so angeordnet, daß die von ihnen reflektierten Lichtstrahlen parallel auf das Gitter fallen und das Bild des Spaltes auf einen der Bolometerstreifen werfen; ihre Brennweite beträgt 40 *cm*. Die Spiegel werden mittels einer Feder gegen drei erhöhte Punkte einer Scheibe gezogen; diese letztere ist durch den Stift *p*, welcher ebenfalls als Feder wirkt, mit dem Winkelstück, das die drei feingängigen Schrauben *j* trägt, verbunden; die ganze Anordnung ist auf dem Schlitten *i* befestigt. Mittels der Mikrometerschraube m_1 können die Spiegel dann justiert werden.

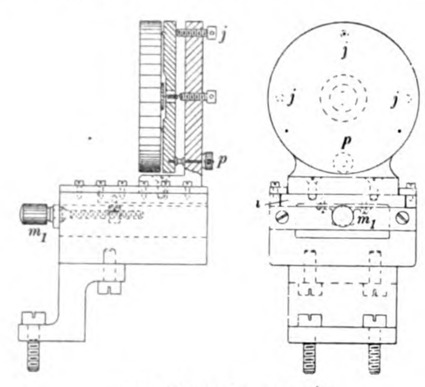


Fig. 2 (etwa $^3/_{10}$ nat. Gr.).

Fig. 3 stellt einen Horizontalschnitt durch die Kollimator-Achse des Instruments dar. Das Gehäuse G_1 enthält den Doppelspalt $p p_1$, der mittels dreier Konusse von

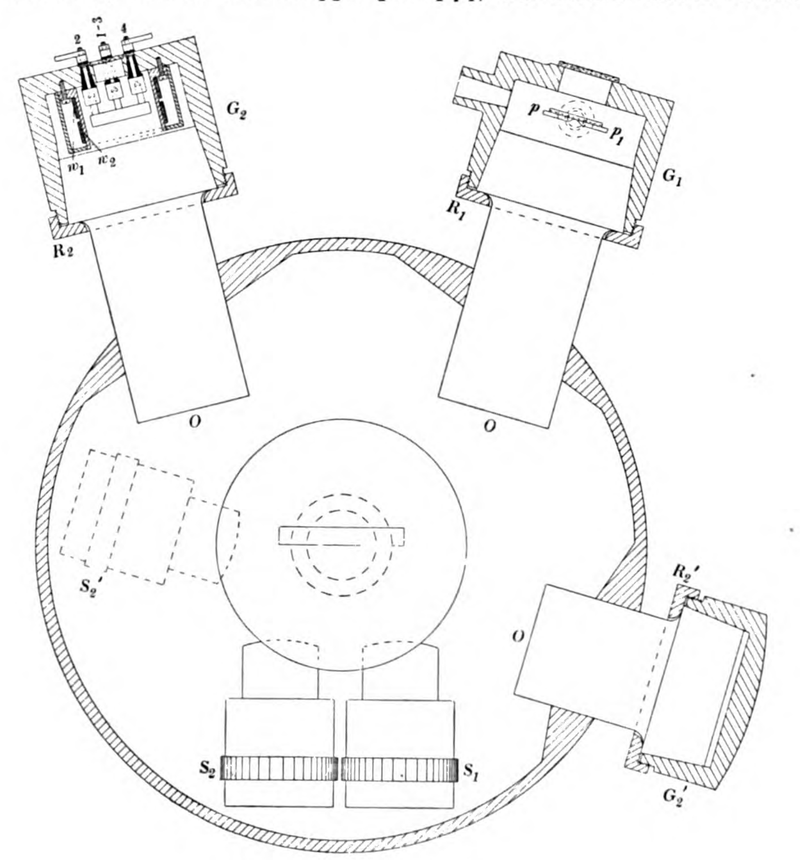


Fig. 3 (etwa $^1/_5$ nat. Gr.).

außen betätigt wird. Die Öffnung, durch welche das Licht eintritt, wird durch ein Fenster aus entsprechend transparentem Material geschlossen. Für nähere Einzelheiten der Spaltkonstruktion verweisen wir auf das Werk: Sir William Ramsay,

Text Books of Physical Chemistry, S. 264, in welchem die Konstruktion eines von Schumann benutzten Spaltes beschrieben ist[1]); wir haben uns im allgemeinen dieser Ausführung angeschlossen.

Das Gehäuse G_2 schließt das Bolometer ein, dessen Stromzuführungen durch sorgfältig eingeschliffene Hartgummi-Konusse von G_2 isoliert sind. Ein Glasfenster zwischen den Stromzuführungsklemmen *1*, *2*, *3* und *4* ermöglicht es, den beleuchteten Bolometerstreifen jederzeit mittels eines schwach vergrößernden Mikroskopes zu beobachten. Ein schematisches Schaltungsschema des Bolometers ist in Fig. 4 gegeben; b_1 und b_2 stellen die zwei Bolometerstreifen dar, w_1 und w_2 sind die beiden anderen, bifilar gewickelten Widerstände aus Manganindraht; sie sind gegen Beschädigungen durch eine übergestülpte Messingkappe geschützt (vgl. Fig. 3). Für die letzte Feinjustierung zwecks Einstellung auf den Strom Null im Galvanometer liegt zu einem der beiden Widerstände w_1, w_2 ein großer, regulierbarer Widerstand W im Nebenschluß.

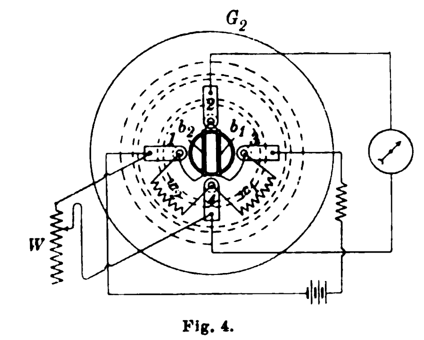
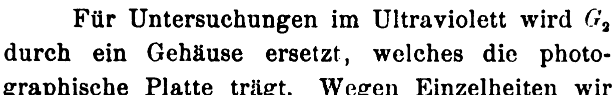


Fig. 4.



Für Untersuchungen im Ultraviolett wird G_2 durch ein Gehäuse ersetzt, welches die photographische Platte trägt. Wegen Einzelheiten wird wiederum auf das oben zitierte Buch verwiesen.

Die drei Gehäuse G_1, G_2 und G_2' sind sorgfältig auf das konische Ende der Kollimator-Rohre O aufgeschliffen und werden durch die Ringe R_1, R_2 und R_2' gehalten, um zu verhindern, daß sie herunterfallen, wenn das Instrument nicht evakuiert ist. Bei Benutzung eines Gitters ist die Anordnung dieselbe, wie sie Fig. 3 zeigt; wird hingegen ein Prisma verwendet, so werden die Gehäuse G_2 und G_2' miteinander vertauscht. Der Konkavspiegel S_2 nimmt in diesem Falle die punktiert gezeichnete Lage S_2' ein. Die Kollimator-Rohre sind mit zweckentsprechenden Diaphragmen versehen und in das Gehäuse eingelötet; um die Lötstellen auch sicher luftdicht zu erhalten, wurde folgendermaßen verfahren.

Die Öffnungen im Gehäuse wurden schwach konisch ausgebohrt, ebenso wurden die Rohre abgedreht; die letzteren wurden nun so eingepaßt, daß sie ungefähr 1 *cm* über ihre normale Lage herausragten. Nachdem nun Rohre und Öffnungen sorgfältig verzinnt worden waren, wurden die ersteren in kaltem Zustand in die Öffnungen des Gehäuses, welches auf die Schmelztemperatur des Lötzinnes gebracht war, eingeführt, und zwar in ihre normale Lage; dies ließ sich jetzt leicht ausführen, da die Öffnungen in dem erwärmten Gehäuse weit genug geworden waren. Nachdem sich nun das Ganze abgekühlt hatte, waren die Rohre so fest in das Gehäuse eingepreßt, daß sie, wohl auch ohne gelötet zu sein, luftdicht gewesen wären.

Es hat sich in der Tat gezeigt, daß die angewandte Methode vorzügliche Resultate ergab. Nach Fertigstellung des Instruments wurde es an ein Quecksilber-Manometer angeschlossen, ausgepumpt und dann 48 Stunden sich selbst überlassen; nach Ablauf dieser Zeit ergab sich, daß der Druck im Gehäuse nur um etwa 1 *mm* gestiegen war; es war somit die Möglichkeit gegeben, das Instrument mittels einer kleinen Luftpumpe für unbeschränkte Zeit unter konstantem, sehr niedrigem Druck zu halten. Das Instrument ist mehrere Monate als „Spektro-Bolometer" im hiesigen physikalischen

[1]) Vgl. auch H. Kayser, Handbuch der Spektroskopie. 1. Bd. Leipzig, S. Hirzel 1900. *S. 633.*

Institut im Gebrauch gewesen und hat sich in jeder Beziehung bewährt. Die schnelle und sichere Ablesung und das Ausschalten der durch Luftströmungen bedingten Störungen gleicht den Zeitverlust, den das Auspumpen des Instruments verursacht, vollständig aus.

Palmer Physical Laboratory, Princeton University.

Referate.

Der Meridianweiser.

Von Th. Ferguson. *Tijdschr. van het K. Nederl. Aardrijksk. Genootsch., Leiden* **27.** *S. 781. 1910.*

Dieses geographische Instrument des Verf. soll die Mitte halten zwischen den wenig zuverlässigen Bussolenbestimmungen des Azimuts und „der lästigen und zeitraubenden astronomischen Azimutbestimmung mit Hülfe von Theodolitbeobachtungen der Sonne, des Polarsterns oder anderer Sterne“.

Nachdem der Verf., wie er selbst dem Ref. schrieb, das Prinzip seines Instruments 1895 in Peking „erfunden“ hatte, fand er bei näherem Zusehen, daß die Idee alt und schon mehrfach praktisch verwendet ist: es ist in der Tat die des „*Solar Compass*“ oder des „*Solar Attachment*“ am Transit-Theodolit der Amerikaner, in dem zum großen Teil bereits triangulierten Europa immer noch so gut wie unbekannt, aber in Ländern ohne Triangulation und für den geographischen Reisenden von großem Nutzen.

Nichtsdestoweniger ist das neue Instrument von Ferguson sehr willkommen, weil es äußerst bequem transportabel und billig ist und doch eine für viele Zwecke genügende Genauigkeit der Azimutbestimmung ohne Berechnung ermöglicht, auf etwa $^1/_4{}^0$ in nicht hoher Breite. Es ist zusammen mit einem Sextanten (ein „Taschensextant“, *box-sextant* der Engländer genügt vollkommen) zu gebrauchen, an dem der Polabstand der Sonne zur Zeit der Beobachtung ($90^0 - \delta$) einzustellen ist. Der Verf. hat also bei seinem Instrument besonders die große Mehrzahl der Reisenden im Auge, deren Ausrüstung nicht einen größern Theodolit mit „*solar attachment*“ umfassen kann, sondern die sich mit einem kleinen Sextanten als Winkelmeßinstrument begnügen.

Der Meridiansucher selbst besteht nur in einer (sehr bequem zusammenlegbaren) Dioptervorrichtung, die längs einem in Grad geteilten einfachen Höhenkreis in beliebigem Höhenwinkel eingestellt werden kann. Der unten mit Blei beschwerte Höhenkreis hängt kardanisch, sodaß er sich selbsttätig vertikal stellt und einen einmal eingestellten Höhenwinkel beibehält, beides unabhängig von dem leichten Fußgestell des kardanischen Rings. Dieser ist eingehängt in einen geteilten Horizontalkreis, der gedreht werden kann. Das ganze Instrumentchen kann in das Format eines Oktavbandes zusammengelegt werden. Die Aufgabe beim Gebrauch besteht darin, die Visierlinie des Diopters in die Richtung der Weltachse zu bringen, sodaß der Höhenkreis dem Meridian des Beobachters entspricht. Den richtigen *Höhen*-Winkel hat man, wie schon angedeutet, der Diopterziellinie gemäß der als bekannt vorausgesetzten Polhöhe des Beobachtungspunkts zu geben. Nachdem am Sextanten die Poldistanz der Sonne zur Zeit der Beobachtung eingestellt ist, muß das Sextantenbild der Sonne auf die Visierlinie des Diopters gebracht werden durch sorgfältige Drehung des Vertikalkreises in seinem kardanischen Ring. Diese Einstellung ist für den Anfänger sicher nicht leicht, soll aber schon nach geringer Übung gut und rasch gelingen. Sobald diese Stellung gefunden ist, liegt der Höhenkreis im Meridian und der „Meridianweiser“ hat damit seinen Dienst getan. Die Genauigkeit soll in nicht zu hohen Breiten etwa $^1/_4{}^0$ sein, also für viele Zwecke recht befriedigend; dabei sind die Mittagsstunden zu vermeiden (keine Zeit näher als 2 bis 3 Stunden beim wahren Mittag zu wählen).

Den „Meridianweiser“ fertigt die „Nederlandsche Instrumenten-Fabriek“ in Utrecht an. *Hammer.*

Der Stehachsenfehler des Theodolits.

Von P. Fenner. *Zeitschr. f. Vermess.* **38.** *S. 811. 1909.*

Diese letzte kleine Arbeit des vor kurzem verstorbenen Verf. beschäftigt sich mit der Angabe der Lehrbücher der Geodäsie, daß bei der Horizontalwinkelmessung der Einfluß des Stehachsenfehlers nicht wie der der andern Achsenfehler durch Durchschlagen des Fernrohrs und Wiederholen der Messung in der zweiten Fernrohrlage eliminiert werden könne. Dieser Satz ist nicht richtig, wenn man die Vorschrift befolgt, daß in Fernrohrlage I und II die „Vertikalrichtung“ (angeblich) der Stehachse, nämlich das Einspielenlassen der Alhidadenlibelle bei zwei Stellungen der Alhidade geschieht, die sich um 180° unterscheiden. Die Stehachse erhält damit in Lage I und Lage II zwei unrichtige Stellungen gegen die Vertikale, die aber in Azimuten, die sich um 180° unterscheiden, gleich groß sind; die entsprechenden Kippachsenfehler sind also gleich und von entgegengesetztem Vorzeichen. Eines besondern Beweises bedarf diese nach unmittelbarer geometrischer Anschauung einleuchtende Tatsache eigentlich nicht. Aber es ist ganz gut, daß Fenner auf den alten sorgfältig bewahrten Irrtum aufmerksam gemacht hat.

In einer Schlußbemerkung weist der Verf. noch darauf hin, daß man statt „Stehachsenfehler“ eigentlich besser „Libellenfehler“ sagen sollte (dabei ist jedoch vorauszusetzen, daß zur Horizontierung des Instruments eine feste Alhidadenlibelle zu dienen hat, nicht eine Reitlibelle auf der Kippachse), und daß in dem weitverbreiteten Jordanschen „Handbuch der Vermessungskunde“ als Einfluß des „Ziel-*Achsen*-Fehlers“ (sollte nicht zum Ausdruck kommen, daß es sich bei der dritten „Achse“ eines Theodolits eben nicht um eine Achse handelt, und deshalb lieber Ziel-*Linie* gesagt werden, wie es der Ref. seit Jahrzehnten tut?) auf die Horizontalprojektion einer Richtung sich der Betrag $\left(\frac{c}{\cos h} - c\right)$ angegeben findet, während es $\frac{c}{\cos h}$ heißen sollte. Dieses Versehen ist auch schon von anderer Seite richtiggestellt worden (vgl. des Ref. Notiz „Einfluß eines Ziellinienfehlers u. s. f.“ in der *Zeitschr. f. Vermess.* **29.** *S. 97. 1900*).

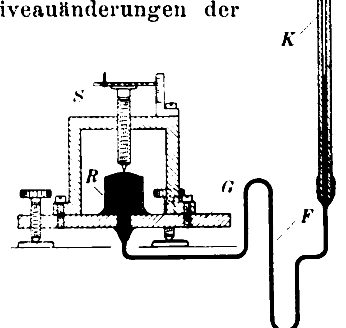
Hammer.

Über das Volumen von Quecksilbermenisken.

Von K. Scheel und W. Heuse. *Ann. d. Physik* **33.** *S. 291. 1910.*

Zur experimentellen Bestimmung des Volumens von Quecksilbermenisken, dessen Kenntnis für gasvolumenometrische Messungen wichtig ist, wurde folgendermaßen verfahren.

Der Meniskus wurde (vgl. die Figur) am oberen, glatt abgeschliffenen Ende eines vertikal auf eine Grundplatte G aufgekitteten Rohres R erzeugt. Zu diesem Zwecke kommunizierte das Rohr durch eine Glasfeder F mit einem vertikal aufgestellten Glasrohr K, das am oberen Ende durch einen Hahn H abgeschlossen werden konnte. Durch Druckänderung in K konnte Quecksilber zwischen K und R bewegt und der Meniskus oberhalb R in beliebiger Höhe eingestellt werden. Die übergeführten Quecksilbermengen ergaben sich aus den Niveauänderungen der Quecksilberkuppe im zylindrischen Rohr K (Querschnitt 3,013 *qmm*), welche an einem hintergelegten Maßstab abgelesen wurden.



Als Ausgangslage für die Berechnung der übergeführten Quecksilbermengen diente die Einstellung der Quecksilberkuppe in K, welche einem Meniskus vom Volumen Null entsprach. Sie wurde dadurch herbeigeführt, daß man eine plane Glasplatte auf den abgeschliffenen oberen Rand von R preßte, wobei darauf zu achten war, daß das Quecksilber unterhalb der Glasplatte auch wirklich den ganzen Rohrquerschnitt ausfüllte.

Die Höhe des Quecksilbermeniskus oberhalb R wurde mit einem Sphärometer S bestimmt. Das untere Ende der Sphärometerschraube war zu einer Spitze ausgebildet; ein-

gestellt wurde auf Berührung der Spitze mit ihrem Spiegelbild in der Mitte der Meniskusfläche. Die Höhe Null ergab sich aus der Einstellung auf eine Glasplatte bekannter Dicke, welche auf den Rand von *R* aufgelegt wurde.

Zu den Beobachtungen dienten fünf verschieden weite Rohre ($2r$ = 23,70; 20,75; 18,40; 16,05; 13,90 *mm*). Es ergab sich, daß das Volumen der Quecksilbermenisken innerhalb der Beobachtungsfehler durch Rohrweite und Meniskushöhe eindeutig bestimmt ist. Zwischen den Beobachtungen bei steigendem und fallendem Meniskus war ein systematischer Unterschied nicht erkennbar.

Es gelang nicht, die Beobachtungen durch eine von Th. Lohnstein auf theoretischem Wege abgeleitete Formel vollkommen darzustellen. Das Ergebnis der experimentellen Untersuchung ist in einer Tabelle zusammengefaßt, welche hierunter abgedruckt ist.

Volumen des Meniskus in *cmm*.

Höhe des Meniskus in *mm*	Durchmesser des Rohres in *mm*										
	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
1,6	157	185	214	245	280	318	356	398	414	492	541
1,7	169	198	229	263	300	340	381	426	475	526	579
1,8	181	211	244	281	320	362	407	455	507	560	616
1,9	194	225	261	300	341	385	433	484	539	595	654
2,0	206	240	278	319	362	409	460	513	571	631	694
2,1	219	256	295	338	384	434	487	543	604	667	735
2,2	233	271	313	358	406	459	515	574	637	704	776
2,3	247	287	331	379	430	485	544	606	672	742	817
2,4	262	303	350	400	454	511	573	639	708	781	859
2,5	276	320	369	422	478	538	602	672	745	821	903
2,6	291	338	388	444	503	565	633	706	782	862	948

Schl.

Eine Modifikation des Quecksilberthermometers.

Von J. Duclaux und A. Hamelin. *Journ. de phys.* **9.** *S. 600. 1910.*

Die Angaben der Quecksilberthermometer werden bekanntlich vielfach dadurch fehlerhaft beeinflußt, daß sich bei Veränderungen des Standes der Quecksilberkuppe der Randwinkel zwischen Quecksilber und Glas verschieden ausbildet. Das tritt dadurch in die Erscheinung, daß bei kontinuierlichen Temperaturänderungen das Thermometer nicht kontinuierlich folgt, sondern daß seine Angaben sprungweise fortschreiten. Die Verf. wollen diesen Nachteil dadurch beseitigen, daß sie über die Quecksilberkuppe angesäuertes Wasser schichten; der Randwinkel zwischen Quecksilber und Glas wird dann Null und behält diesen Wert bei allen Standänderungen bei. Um störende elektrokapillare Einflüsse, die etwa an der Grenzschicht von Quecksilber und angesäuertem Wasser auftreten könnten, zu beseitigen, trägt das Thermometer oben an der Kapillare eine seitliche, mit Quecksilber gefüllte Erweiterung, deren Inneres mit dem Quecksilber des Thermometergefäßes durch einen außerhalb des Thermometers geführten Draht elektrisch leitend verbunden ist.

Die Neukonstruktion des Thermometers hat sich gut bewährt. Insbesondere nehmen seine Angaben auch nach schnellen Standänderungen beim Einbringen in die vorherige Temperatur (etwa 0°) wieder mit großer Genauigkeit den zuerst beobachteten Wert an. Daraus folgt, daß etwa an den Wandungen der Kapillare haften bleibendes Wasser keine störenden Einflüsse ausübt. Kleinen Temperaturänderungen folgt das neue Thermometer schnell; es zeigt kontinuierlich steigende oder fallende Einstellungen selbst da, wo ein gleichzeitig beobachtetes Thermometer gewöhnlicher Art seine Angaben sprungweise ändert.

Die mitgeteilte Prüfung des neukonstruierten Thermometers beschränkt sich auf kleine Temperaturintervalle von wenigen zehntel Grad. Daraus folgt, daß die Einrichtung nur für Thermometer für kleinen Meßbereich, z. B. Beckmannsche Thermometer, gedacht ist. Bei

größeren Temperaturunterschieden müßten die Angaben des Thermometers an Genauigkeit einbüßen, weil dann durch die wechselnde Größe des Sättigungsdruckes des über das Quecksilber geschichteten Wassers der innere Druck des Thermometers wechseln und eine Korrektion der Angaben bedingen würde. *Schl.*

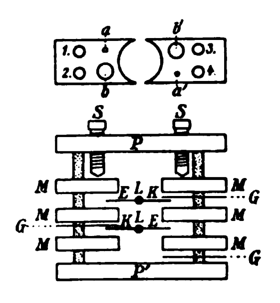
Über die Vakuumthermosäule als Strahlungsmesser.

Von E. S. Johansen. *Ann. d. Physik* **33.** *S. 517. 1910.*

Der Verf. behandelt die Frage, unter welchen Bedingungen die Vakuumthermosäule, die schon früher von Lebedew[1]) untersucht wurde, die größte Empfindlichkeit erhält, um so die geeignetste Form derselben zu finden und einen Vergleich mit dem Vakuumbolometer[2]) und dem Boysschen Radiomikrometer zu ermöglichen.

Er betrachtet zunächst ein einzelnes in einem völlig evakuierten Gefäß befindliches Thermoelement, wobei folgendes vorausgesetzt wird. Die bestrahlte Lötstelle ist eine auf der Vorderseite geschwärzte dünne Scheibe. Die Schenkel des Thermoelements sind gleich lang, jedoch von verschiedener Drahtstärke. Die kalten Lötstellen sind mit so großen Metallmassen verbunden, daß ihre Temperatur als konstant und gleich der der Umgebung zu betrachten ist. Es steht ein Galvanometer von bestimmtem Wicklungsraum, aber noch festzusetzendem Widerstande G zur Verfügung, in welchem Falle der in bestimmter Entfernung den Ausschlag 1 *mm* gebende Strom gleich $1 : c\sqrt{G}$ gesetzt werden kann. Für eine solche Anordnung wird die „Strahlungsempfindlichkeit" n berechnet, d. h. der Ausschlag, den das Galvanometer zeigt, wenn das Thermoelement der Strahlung 1 Kal $\cdot$ $cm^{-2} \cdot$ Sek.$^{-1}$ ausgesetzt ist. Hierbei wird angenommen, daß die ausgestrahlte Wärmemenge proportional der Temperaturdifferenz zwischen Lötstelle und Umgebung und proportional der Oberfläche der Lötstelle ist, und daß die Temperaturverteilung längs der Schenkel des Elementes linear ist; ferner wird der Widerstand der Lötstelle und der Zuleitungen zum Galvanometer vernachlässigt. Der so für n gewonnene Ausdruck wird ein Maximum, wenn erstens *der Widerstand des Galvanometers gleich dem des Thermoelements ist* und zweitens *die Drahtstärke der beiden Schenkel des Thermoelements so gewählt ist, dafs das Verhältnis zwischen der Wärmeableitung und dem elektrischen Widerstand in beiden gleich grofs ist.* in welchem Falle übrigens der Wärmeverlust durch Leitung gleich dem durch Strahlung wird.

Für ein hiernach bemessenes Thermoelement aus Eisen-Konstantan wird $n = 0{,}37 \cdot c\sqrt{O}$, für ein solches aus Eisen-Wismut $n = 0{,}69 \cdot c\sqrt{O}$, wobei c die oben eingeführte, durch die Beschaffenheit des Galvanometers bestimmte Konstante und O die Größe der bestrahlten Vorderseite der Lötstelle in *qcm* ist. Wählt man $O = 0{,}01$ *qcm* und die Schenkellänge gleich 1 *cm*, so muß beim Eisen-Konstantan-Element der Durchmesser des Eisendrahtes 0,046 *mm*, der des Konstantandrahts 0,09 *mm* betragen, beim Eisen-Wismut-Element der Durchmesser des Eisendrahtes 0,048 *mm*, der des Wismutdrahtes 0,15 *mm*. Dies sind Dimensionen, die gut herstellbar sind.



Schaltet man N gleiche Thermoelemente hinter einander und vergrößert gleichzeitig den Widerstand des zugehörigen Galvanometers N-mal, so bleiben die obigen Ausdrücke für n richtig, wenn man unter O die Summe der Vorderflächen der einzelnen Lötstellen versteht. Die vom Verf. benutzte Ausführungsform einer aus mehreren Elementen zusammengesetzten Thermosäule ist aus der Figur zu ersehen. In derselben sind P und P' zwei Platten, die durch vier in die Löcher 1 bis 4 passende Ebonitsäulen verbunden sind. Die Schenkel der Thermoelemente (EK, KE u. s. w.) werden durch Schrauben S zwischen Messing-

[1]) P. Lebedew, *Ann. d. Physik* **9.** *S. 209. 1902*; vgl. auch das Referat in *dieser Zeitschr.* **23.** *S. 24. 1903.*

[2]) E. Warburg, G. Leithäuser und Ed. Johansen, *Ann. d. Physik* **24.** *S. 25. 1907*; vgl. auch das Referat in *dieser Zeitschr.* **28.** *S. 305. 1908.*

lamellen M geklemmt, wobei zur Isolation Glimmerscheiben G zwischen die Lamellen M eingeschaltet werden. Beim Zusammensetzen wird jede neue Lamelle so aufgesetzt, daß die großen Löcher b und b' auf die kleinen a und a' fallen; dann können die fertiggestellten Lamellen durch Schrauben, die bei a und a' eingesetzt werden, mit P' verbunden und die zuletzt eingesetzten Schrauben durch b und b' hindurch gelöst werden. Die kleinen Lötstellen L stellt der Verf. aus 0,02 *mm* starkem Zinnblech her, das er durch die konzentrierten Strahlen einer Bogenlampe an zwei gekreuzte Eisen- und Konstantandrähte anheftet und mittels Kampfers schwärzt. Die ganze Thermosäule wird in der üblichen Weise in einen Blechkasten, der nur vor und hinter den Lötstellen einen Spalt hat, eingeschlossen und in einen Glasapparat eingesetzt, der mit einem Quarz- oder Steinsalzfenster versehen ist und nach der Dewarschen Methode evakuiert wird.

Im allgemeinen ist es aber, wie der Verf. ausführt, nicht erforderlich, sehr viele Thermoelemente hinter einander zu schalten. Denn erstens kann man, da n proportional der Quadratwurzel aus O ist, mit einer kürzeren Säule eine größere Empfindlichkeit erhalten als mit einer längeren, wenn man eine zu beobachtende Spektrallinie durch eine Zylinderlinse entsprechend verkürzt. Ferner kann man statt zweier oder dreier Lötstellen eine einzelne längere Lötstelle herstellen. Für letztere verwendet der Verf. platiniertes Silber. Durch eine besondere rechnerische Untersuchung kommt er zu dem günstigen Resultat, daß die Strahlungsempfindlichkeit einer solchen mehrere Millimeter langen Lötstelle an verschiedenen Stellen nur um wenige Prozent verschieden ist.

Zur praktischen Erprobung seiner Thermosäule vergleicht der Verf. mit Hülfe einer Hefnerlampe eine Rubenssche Thermosäule und ein Vakuumbolometer mit einem Vakuumthermoelement aus Eisen-Konstantan und einem solchen aus Eisen-Wismut. Bei Reduktion der Resultate auf gleich große bestrahlte Flächen ergaben sich als Empfindlichkeiten, wenn die der Rubensschen Säule gleich 1 gesetzt wurde, die Werte 9,7 für das Bolometer, 4,5 für das Eisen-Konstantan-Element und 9,3 für das Eisen-Wismut-Element, wobei allerdings die Reduktion für die Rubenssche Säule mit Unsicherheit behaftet ist. Die Null-Lage des Vakuumthermoelements ist nach dem Verf. eine gute. Dagegen tritt der Beharrungszustand beim Eisen-Konstantan-Element erst 20 Sek., beim Eisen-Wismut-Element erst 30 Sek. nach der Bestrahlung ein.

Um auch bezüglich der Abhängigkeit der Strahlungsempfindlichkeit von dem betroffenen Punkt der bestrahlten Fläche einen Vergleich zu ermöglichen, untersucht der Verf. diese Frage auch für das Vakuumbolometer, und zwar theoretisch und experimentell. Er kommt zu dem Resultat, daß in dieser Beziehung das Bolometer dem Thermoelement unterlegen ist. Bei dem untersuchten 11 *mm* langen Bolometerstreifen betrug die Strahlungsempfindlichkeit z. B. bei 1,5 *mm* Abstand vom Ende nur 55 Prozent der in der Mitte vorhandenen.

Schließlich werden die erhaltenen Resultate noch mit den Angaben über das Boyssche Radiomikrometer verglichen. Es erscheint dem Verf. wahrscheinlich, daß sich das Vakuumthermoelement besser als das Radiomikrometer zur Messung der Wärmestrahlung der Sterne verwenden läßt. *Mfsr.*

Zerstreutes Licht in der Spektrophotometrie und eine neue Spektrophotometer-Form.

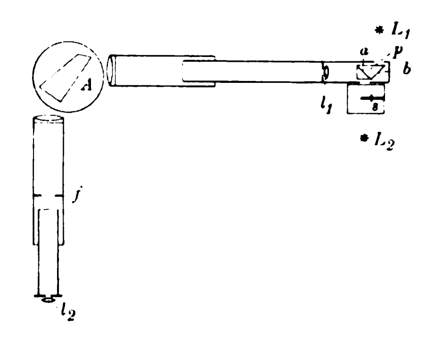
Von H. E. Ives. *Phys. Rev.* **30.** *S. 446. 1910.*

Bei spektrophotometrischen Beobachtungen bereitete dem Verf. das diffuse Licht Schwierigkeiten, welches sich namentlich an den Enden des Spektrums, ausgehend von den Blendenrändern, den Einschlüssen und Schrammen der optischen Teile und dem auf letzteren lagernden Staub, wie ein grauer Schleier über das Gesichtsfeld breitete. Dieses unzerlegte, diffuse Licht kann sich nach dem Verf. entweder gleichmäßig über das ganze Gesichtsfeld erstrecken, wenn nämlich das Licht jeder der beiden zu vergleichenden Lichtquellen beide Gesichtsfeldhälften in gleicher Stärke diffus erleuchtet, oder es erhellt beide Gesichtsfeldhälften in verschiedenem Maße, wenn nämlich jede Lichtquelle nur auf diejenige Hälfte des

Photometerfeldes diffuses Licht strahlt, die von ihr monochromatisch erleuchtet wird. Im ersteren Falle beeinträchtigt das zerstreute Licht nur die Genauigkeit der Einstellung, fälscht aber nicht das Resultat und ist also verhältnismäßig unschädlich. Im letzteren Falle jedoch wird das Ergebnis mehr oder weniger unrichtig.

Der erstere Fall tritt bei den Spektrophotometern mit *einem* Kollimator auf, bei denen die über einander liegenden Spektra beobachtet werden (z. B. bei dem Vierordtschen). Aber diese Apparate leiden nach Ansicht des Verf. an geringer Einstellungsgenauigkeit, weil man nur einen schmalen Streifen der Spektra mit dem Okularspalt herausschneiden darf. Der zweite Fall zeigt sich bei den Apparaten mit zwei Kollimatoren und Maxwellscher Beobachtungsmethode (z. B. dem Lummer-Brodhunschen und dem Braceschen), die sich vor den ersteren durch ein großes, gleichmäßig erleuchtetes Gesichtsfeld mit langer Trennungslinie auszeichnen.

Die üblichen Methoden, das diffuse Licht zu entfernen, hat der Verf. angewendet: sorgfältige Anbringung von Blenden, Reinigung der optischen Flächen, Filtrierung des Lichtes durch farbige Gläser vor dem Eintritt in den Kollimator. Da aber eine vollständige Beseitigung des zerstreuten Lichtes Schwierigkeiten bietet, empfiehlt er, einen Apparat mit *einem* Kollimator und symmetrischer Verteilung des diffusen Lichtes zu benutzen, der aber außerdem die genannten, mit der Maxwellschen Beobachtungsmethode verbundenen Vorteile bietet. Ein solcher Apparat wird beschrieben.



In der Figur ist A ein Spektralapparat mit konstanter Ablenkung. Die zu vergleichenden Lichtquellen L_1 und L_2 werfen ihr Licht in den Kollimator mit Hülfe der zusammengekitteten Prismenkombination p, in der die Fläche b ganz, die Fläche a zur Hälfte versilbert ist, sodaß die Grenzlinie zum Spalte senkrecht liegt. l_1 ist eine vor dem Kollimatorspalt liegende Konvexlinse, die ein Bild von a bei f, also mitten zwischen dem Dispersionsprisma und dem Okularspalt, entwirft. Eine Linse l_2 ermöglicht die Akkommodation auf das Photometerfeld f. Meßbar geschwächt wird das Licht durch den rotierenden Sektor s.

Der Kollimatorspalt soll lang gemacht werden, am besten so lang wie die Kollimatorlinse, damit jeder Teil von a möglichst die ganzen Linsen und Prismenflächen beleuchtet und so eine gleichmäßige Erhellung des virtuellen Photometerfeldes mit diffusem Licht vermittelt.

Bei einer vorgenommenen Prüfung soll ein derartiger Apparat keinen Einfluß des zerstreuten Lichtes auf das Messungsergebnis gezeigt haben, obwohl die Prüfung nicht allein mit neuen und sauberen, sondern auch absichtlich mit verstaubten optischen Flächen ausgeführt wurde. *E. Br.*

Messungen von geringen Wellenlängen-Änderungen nach der Interferenzmethode und Anwendung auf verschiedene Probleme der Sonnen-Spektroskopie.

Von H. Buisson und Ch. Fabry. *Journ. de phys.* **9.** *S. 298. 1910.*

Die Arbeit enthält ein umfangreiches Tatsachen-Material von größtem Interesse. Mit Meisterhand haben die Verf. wieder alle Schwierigkeiten überwunden, die sich ihnen bei der Ausführung mancher der Messungen entgegenstellten.

Die Versuchsanordnung besteht in der Hauptsache aus dem Interferenzapparat und dem Dispersionsapparat, welcher die Interferenzringe der verschiedenen Farben voneinander trennt. Den Interferenzapparat bilden Etalons (versilberte Luftplatten) von 2,5 und 5 und 10 *mm* Dicke, für andere Dicken das Interferometer; die Ringe liegen in der Brennebene eines Objektivs von 26 *cm* Brennweite. Als Dispersionsapparat diente zumeist ein Autokollimations-Spektroskop mit Rowlandschem Plangitter von 8 *cm* × 5 *cm* geteilter Fläche

und 568 Strichen pro *mm* und mit einem Objektiv von 310 *cm* Brennweite; gewöhnlich wurde das Spektrum dritter Ordnung benutzt. Nur in Ausnahmefällen wurde behufs Erzielung größerer Helligkeit ein Autokollimations-Spektrometer mit zwei Flintprismen und einem Objektiv von 100 *cm* Brennweite verwendet.

Die Beleuchtung mit Sonnenlicht erfolgte in der aus Fig. 1 ersichtlichen Weise. Der Heliostat *A* wirft mittels eines Planspiegels von 20 *cm* Durchmesser das Sonnenlicht in Richtung der Erdachse durch einen Kanal im Mauerwerk. Durch das Objektiv *B* von 300 *cm* Brennweite, den Planspiegel *C* von 8 *cm* Durchmesser und das Reflexionsprisma *D* (zwischen *C* und *D* laufen die Lichtstrahlen vertikal) wird bei *F* ein reelles Bild der Sonne von 28 *mm* Durchmesser erzeugt. Bei *F* befindet sich eine enge Blende von wenigen Millimeter, deren Öffnung man durch Drehen des Spiegels *C* mit jedem beliebigen Stück des Sonnenbildes zur Deckung bringen kann. Gleich hinter *F* folgt der Interferenzapparat *J*. Mit Hülfe der Linse *L* entstehen die Ringe in der Ebene des Spalts *H* des Spektroskops. Die Entfernung zwischen *F* und *L* ist so gewählt, daß *L* ein scharfes Bild von *F* auf dem Gitter des Spektrometers entwirft.

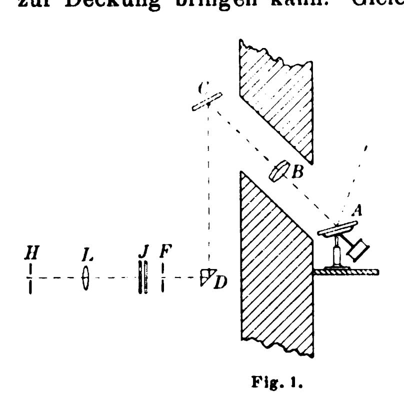


Fig. 1.

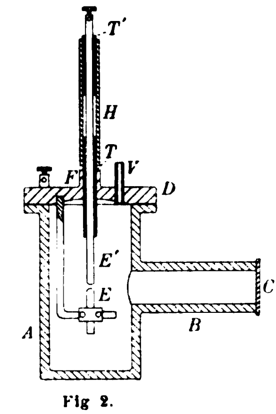


Fig 2.

Durch die Sonnenstrahlen wird auch der Interferenzapparat merklich erwärmt, sodaß seine Glasplatten in der Mitte uneben werden. Um dies zu vermeiden, läßt man das Licht vorher durch eine 16 *mm* dicke Schicht einer vierprozentigen Kupfersulfatlösung gehen, welche das Ultrarot absorbiert und damit die Gesamtenergie der Sonnenstrahlung auf den sechsten Teil reduziert. Ferner braucht der die Luftplatte durchsetzende Lichtkegel nur eine so große Öffnung zu haben, daß der Spektrometerspalt *H* ausgefüllt wird. Da das Objektiv *B* durch die Linse *L* ziemlich scharf auf *H* abgebildet wird, so kommt man am einfachsten durch Abblenden von *B* zum Ziele. Eine hier angebrachte Blende von 12 *cm* Länge und 1 *cm* Breite reicht hin, den Spalt *H* mit Licht ganz auszufüllen. Benutzt man übrigens statt Glasplatten Quarzplatten, so erwärmen sich diese fast gar nicht, weil Quarz das Ultrarot bedeutend weniger absorbiert als Glas.

Die Verf. haben sich auf die Untersuchung der Eisenlinien beschränkt. Als irdische Lichtquelle dient wieder der elektrische Lichtbogen, der sich zwischen Eisenstiften von 7 *mm* Durchmesser bildet und unter Einschaltung von Widerstand durch eine Batterie von 220 Volt gespeist wird. Um den Lichtbogen auch im Vakuum verwenden zu können, wurde der Lampe die folgende Form gegeben. Der gußeiserne Zylinder *A* (Fig. 2) trägt den horizontalen Ansatz *B*, der durch die Glas- oder Quarzplatte *C* verschlossen wird, durch welche die Lichtstrahlen austreten. Durch die Öffnung *V* im Deckel *D* steht das Lampeninnere mit der Luftpumpe in Verbindung. In eine zweite Öffnung *F* ist das Glasrohr *T* eingekittet. Während die eine Elektrode *E* vom Deckel *D* getragen wird, ist die andere Elektrode *E'* in das Glasrohr *T'* eingekittet und mit Hülfe des Kautschukschlauches *H* befestigt. Dieser läßt eine genügende Beweglichkeit von *E'* zur Regulierung der Lampe zu. Sie wurde bei einem Druck von einigen Millimeter mit 8 Amp. gebrannt.

Zunächst wurden die Eisenlinien im Sonnenspektrum mit denjenigen der in Luft brennenden Bogenlampe verglichen. Schon die Arbeiten von **Rowland** hatten ergeben, daß die beiden Arten von Linien nicht genau die gleiche Wellenlänge besitzen, und **Jewell** hat dann die geringen Unterschiede in einer großen Zahl von Fällen durch eigene Messungen genauer ermittelt. Seine Resultate werden von den Verf. bestätigt, welche die Vergleiche großenteils auf photographischem Wege ausgeführt haben. Die Wellenlängen-Differenzen,

$\lambda_{\odot} - \lambda_{\text{Bogen Luft}}$, sind für die einzelnen Linien sehr verschieden und schwanken unregelmäßig zwischen + 0,030 und − 0,029 Å. E. in dem Gebiete 4000 bis 6408 Å. E. Weil mit Zunahme des Druckes, unter welchem die Linien erzeugt werden, ihre Wellenlängen wachsen, so hat man seit langem die positiven Differenzen durch einen höheren Druck in der Sonnenatmosphäre zu erklären versucht. Mit dieser Ansicht stehen aber die negativen Differenzen nicht in Einklang. Es müssen also hier noch andere Ursachen wirksam sein. Den Verf. ist es nun gelungen, die Beobachtungen zu erklären, indem sie die durch den Druck bedingten Linien-Verbreiterungen näher untersuchten.

Unter der Breite 2δ einer Linie verstehen die Verf. die doppelte Halbweite (vgl. Otto Schönrock, *Ann. d. Physik* **20.** *S. 1000. 1906*). Sie ermitteln diese durch Bestimmung der Grenze der Interferenzfähigkeit mit der betreffenden Linie. Ist nämlich Δ (doppelte Dicke der Luftplatte) der größte Wegunterschied, bei welchem die Interferenzringe gerade noch sichtbar sind, so ist nach den Entwickelungen von Lord Rayleigh angenähert

$$2\delta = 1{,}02 \frac{\lambda^2}{\Delta}.$$

Die Linienbreite ist bekanntlich um so größer, je größer die Stromstärke des Lichtbogens und je höher der Druck der umgebenden Luft wird, also kurz je größer die Dichte des leuchtenden Dampfes ist. Die feinsten Linien gibt der im Vakuum brennende Lichtbogen; hier haben alle Eisenlinien nahezu die gleiche Breite von etwa 0,03 Å. E. Dieser Wert stimmt mit demjenigen überein, welchen Michelson bereits 1895 beobachtet hat.

Geht man nun vom Bogen im Vakuum auf den in Luft über, so verhalten sich die einzelnen Linien betreffs der Verbreiterung sehr verschieden. Manche bleiben sehr fein; ihre Breite beträgt dann etwa 0,06 Å. E., und sie haben sich symmetrisch verbreitert, indem sich die Linienmitte entsprechend der Druckzunahme von einer Atmosphäre nur um 0,002 bis 0,003 Å. E. nach rot verschoben hat. Andere dagegen verbreitern sich sehr stark und zwar unsymmetrisch, sodaß die Linienmitte eine Verschiebung erfährt, von welcher die durch den Druck bedingte Wellenlängen-Zunahme um ein Vielfaches übertroffen wird. Die Wellenlänge solcher Linien hängt dann also von ihrer Breite ab und somit von den Umständen, unter denen die Linien erzeugt werden. In Luft erzeugt ändern diese ihre Lage auch merklich mit der Stromstärke des Bogens.

Gruppe	$\lambda_{\text{Bogen Luft}}$ in Å. E.	$\lambda_{\text{Bog. Luft}} - \lambda_{\text{Bog. Vak.}}$ in Å. E. (beob.)	$\lambda_{\odot} - \lambda_{\text{Bog. Luft}}$ in Å. E. (beob.)	$\lambda_{\odot} - \lambda_{\text{Bog. Vak.}}$ in Å. E. (ber.)	$\lambda_{\odot} - \lambda_{\text{Bog. Vak.}}$ in Å. E. (beob.)
Linien mit symmetrischer Verbreiterung	4181,76	+ 0,002	+ 0,002	+ 0,004	+ 0,008
	4315,09	+ 0,004	—	—	—
	5434,53	+ 0,001	+ 0,007	+ 0,008	—
Linien mit Verbreiterung nach rot	4187,04	+ 0,011	− 0,003	+ 0,008	+ 0,010
	4191,44	+ 0,010	− 0,003	+ 0,007	+ 0,005
	4227,44	+ 0,020	− 0,029	− 0,009	+ 0,006
	4233,61	+ 0,012	− 0,008	+ 0,004	+ 0,012
	4235,95	+ 0,011	− 0,019	− 0,008	+ 0,003
	4250,12	+ 0,013	− 0,014	− 0,001	+ 0,011
	4859,76	+ 0,017	− 0,007	+ 0,010	—
	4871,54	+ 0,010	− 0,015	− 0,005	—
Linien mit Verbreiterung nach violett	5415,22	− 0,015	+ 0,027	+ 0,012	—
	5424,09	− 0,017	+ 0,030	+ 0,013	—
—	4222,22	—	—	—	+ 0,005
			Mittel:	+ 0,0036	+ 0,0075

Ein Teil der Resultate ist in der vorstehenden Tabelle zusammengestellt. In Luft brannte die Lampe mit nur ungefähr 3 Amp.

Berücksichtigt man die möglichen Beobachtungsfehler, so sind die Werte der beiden letzten Spalten nahezu als konstant zu betrachten. Macht man sich also von den unregelmäßigen Linien-Verbreiterungen frei und vergleicht die Bogenlinien im Vakuum mit den Sonnenlinien, so ändern die Linien-Verschiebungen nicht mehr sprungweise ihren Betrag, sondern alle Linien erleiden angenähert die gleiche geringe Verschiebung. Die direkt beobachteten Werte der letzten Spalte sind natürlich bei weitem genauer als die der fünften Spalte, welche aus den Spalten drei und vier berechnet werden, schon weil es sehr schwer hält, für den Bogen in Luft immer wieder die gleichen Verhältnisse zu erhalten.

Mit Hülfe des Mittelwertes für $\lambda_{\odot} - \lambda_{\text{Bogen Vakuum}}$ kann man jetzt in einwandfreierer Weise den Druck der Sonnenatmosphäre an der Stelle berechnen, wo die Absorption der Strahlen vor sich geht. Die Verf. berechnen diesen Druck aus den zahlreichen Werten $\lambda_{\odot} - \lambda_{\text{Bogen Luft}}$, welche bei den Linien mit symmetrischer Verbreiterung beobachtet worden sind. Für 22 Linien zwischen 4000 und 4500 Å.E. ist im Mittel $\lambda_{\odot} - \lambda_{\text{Bogen Luft}} = 0{,}0062$ Å.E.; nach den Messungen von Duffield und Humphreys beträgt für diese Linien die durch Druck hervorgerufene Verschiebung im Mittel 0,00145 Å.E. pro Atmosphäre, sodaß sich für die Sonne eine Druckzunahme von 4,3 Atmosphären ergibt. Weiter wurde für 10 Linien zwischen 5100 und 5500 Å.E. im Mittel $\lambda_{\odot} - \lambda_{\text{Bogen Luft}} = 0{,}0103$ Å.E. gefunden; da sich diese Linien im Durchschnitt um 0,0024 Å.E. pro Atmosphäre verschieben, so kommt man für die Sonne wiederum auf eine Druckzunahme von 4,3 Atmosphären. Danach würde der Druck der feurigen Sonnen-Dampfhülle, in der sich die absorbierenden Eisendämpfe aufhalten, 5 bis 6 Atmosphären betragen.

Von Interesse ist, daß trotz dieses hohen Druckes die Sonnenlinien keine durch unsymmetrische Verbreiterung bedingten Anomalien aufweisen, wie dies aus der Konstanz von $\lambda_{\odot} - \lambda_{\text{Bogen Vakuum}}$ folgt. Die Absorptionslinien der Sonne liegen also immer da, wo die sehr feinen Emissionslinien liegen würden. Die Linien von ein und derselben Stelle der Sonnenscheibe unterscheiden sich nur noch durch ihre Intensität oder, was hier auf dasselbe hinausläuft, durch ihre Breite. Diese wurde für einige Linien von verschiedener Intensität in der Gegend von 4400 Å.E. gemessen; es ergaben sich die in der folgenden Tabelle zusammengestellten Werte.

Intensität nach Rowland	Δ in *mm*	2δ in Å.E.
1	28	0,07
2	23	$0{,}08_5$
3	19	0,10
4	17	$0{,}11_5$
5	15	0,13
6	14	0,14
8	12	0,16

Schließlich haben die Verf. noch die Spektren der Sonnenmitte und des Sonnenrande miteinander verglichen. Die Linien zeigen eine merkliche Differenz in der Lage; diese Verschiebung wird hauptsächlich durch die Rotation der Sonne nach dem Dopplerschen Prinzip bedingt. Diese Differenz hängt von der Lage des Punktes auf dem Sonnenrande ab und wird gleich null für die beiden Pole. Der Einfluß der Sonnendrehung läßt sich allgemein eliminieren, indem man zwei gegenüberliegende Punkte des Sonnenrandes benutzt und daraus das Mittel nimmt. Tut man dies, so zeigen jedoch die Linien des Zentrums und des Randes der Sonnenscheibe noch geringe Unterschiede in der Lage. Schon Halm hat vor drei Jahren an zwei Eisenlinien beobachtet, daß ihre Wellenlängen um 0,012 Å.E. zunehmen, wenn man vom Zentrum auf den Rand übergeht. Diese Beobachtung wird von

den Verf. bestätigt. Die Messungen erstrecken sich in der Gegend von 4400 Å.E. auf 14 Linien verschiedener Metalle und verschiedener Intensität (2 bis 6 in der Rowlandschen Skale). Dabei schwankt die Wellenlängen-Differenz zwischen Rand und Mitte für die einzelnen Linien innerhalb der Grenzen 0,003 und 0,007 Å.E.; nur die beiden Vanadinlinien 4379,23 und 4406,64 Å.E. zeigen keinerlei Verschiebung.

Dazu kommt, daß diese 14 Linien vom Sonnenrande eine im Mittel um 0,010 Å.E. größere Breite besitzen als die entsprechenden Linien der Sonnenmitte. Die Verschiebung und Verbreiterung können auch zu einer einzigen Änderung zusammengefaßt werden: für die untersuchten Linien (ausgenommen die beiden Vanadinlinien verbreitern sich symmetrisch) nimmt beim Übergange vom Sonnenzentrum zum Rande die Breite nur nach rot hin um 0,010 Å.E. zu; damit ist dann von selbst eine Zunahme der Wellenlänge um 0,005 Å.E. verknüpft. Um in diesen die Astrophysik betreffenden Dingen klar zu sehen, bedarf man allerdings noch weiterer zahlreicher Beobachtungen. *Schck.*

Galvanometer für Wechselströme.

Von W. E. Sumpner und W. C. S. Phillips. *Phil. Mag.* **20.** *S. 309. 1910.*

Der Apparat von Sumpner und Phillips ist ein d'Arsonval-Galvanometer, dessen Dauermagnet durch einen mit Wechselstrom erregten Elektromagnet ersetzt ist. Es ist also im wesentlichen dieselbe Anordnung, wie sie bereits von Stroud und Oates[1]), Terry[2]) und Abraham[3]) angegeben worden ist.

Um das Galvanometer als Spannungsmesser zu gebrauchen, wird der Elektromagnet durch die zu messende Spannung erregt; gleichzeitig wird die Spannnng durch einen Kondensator geschlossen, dessen Ladestrom durch das bewegliche System geleitet wird. Die Ausschläge sind dann dem Quadrat des Effektivwertes der Spannung proportional. Kann man die Widerstände der Wicklungen des Galvanometers gegenüber der Induktion bezw. Kapazität der Kreise vernachlässigen, so sind die Angaben unabhängig von Frequenz und Kurvenform.

Außerdem wird das Wechselstromgalvanometer als Nullinstrument in der Wheatstoneschen Brücke angewandt, und zwar in den bekannten Schaltungen zum Vergleich von Kapazitäten und Induktivitäten. Natürlich können nur diejenigen Anordnungen berücksichtigt werden, bei welchen die Gleichgewichtsbedingung von der Frequenz unabhängig ist. Die von den Verf. erzielte Genauigkeit der Messung ($^1/_{10000}$) ist nicht so groß als die mit Vibrationsgalvanometern erreichbare. *E. O.*

Messung der Voreilung parallel arbeitender Wechselstrommaschinen.

Von H. Görges und P. Weidig. *Elektrotechn. Zeitschr.* **31.** *S. 332. 1910.*

Wird von zwei an ein Netz angeschlossenen, synchronen Wechselstrommaschinen die eine belastet, während man die andere leer laufen läßt, so wird dadurch die relative Lage der Anker der Maschinen zueinander um einen gewissen Winkel verschoben. Um diesen für die Theorie parallel arbeitender Maschinen wichtigen Winkel zu messen, bringen die Verf. auf die Wellen der Maschinen je einen Spiegel *B* und *C* (Fig. 1). Eine feststehende Lichtquelle in *A* entwirft durch die ebenfalls feststehende Linse *H* ein Bild in *I*, das in *C* reflektiert und im Fernrohr *D* beobachtet

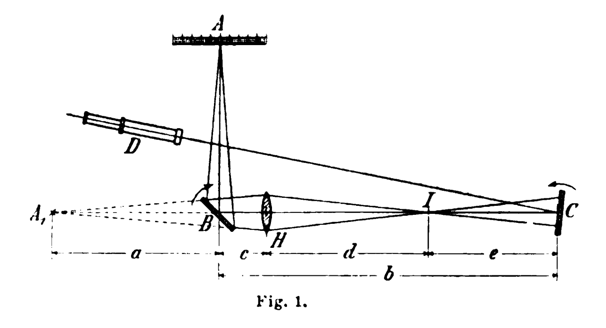


Fig. 1.

[1]) *Phil. Mag.* **6.** *S. 707. 1903.*

[2]) *Phys. Rev.* **21.** *S. 193. 1905.*

[3]) *Compt. rend.* **142.** *S. 993. 1906*; Referat in *dieser Zeitschr.* **26.** *S. 350. 1906.*

wird. Nur wenn B und C ganz bestimmte Lagen zueinander einnehmen, gelangt der Lichtstrahl nach D. Wenn nun B und C von einer solchen Lage aus in entgegengesetzter Richtung gleichmäßig rotieren, so verschiebt sich zwar der Punkt I, dagegen bleibt bei geeigneter Justierung der Abstände das Bild im Fernrohr ruhig stehen. Wird jetzt eine Maschine belastet, wodurch sich die relative Lage der Anker um einen gewissen Winkel ändert, so muß man die Lichtquelle A längs einer Skale um einen entsprechenden Betrag verschieben, um das Bild im Fernrohr wieder an dieselbe Stelle zu bringen. Aus der Größe der Verschiebung kann der Winkel der Voreilung berechnet werden.

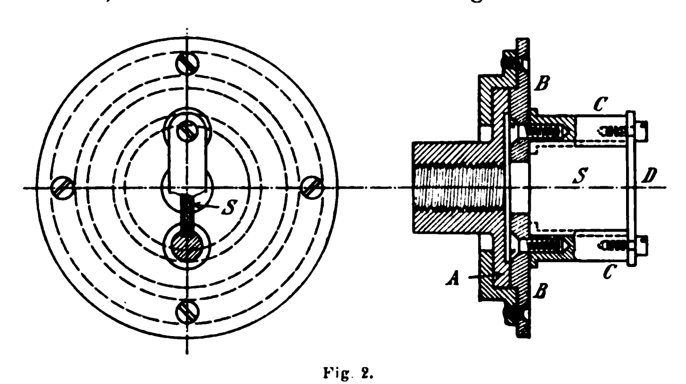


Fig. 2.

Um nun die Spiegel in die richtige Lage zueinander bringen zu können, wird auf die Welle der einen Maschine ein Teller A (Fig. 2) aufgeschraubt, auf diesem ist ein zweiter B mit Reibung drehbar befestigt. Teller B trägt zwei durch eine Traverse D zusammengehaltene Säulen C; in zwei Nuten der Säulen C ist der Spiegel S eingeschoben. Die aufeinander liegenden Flächen von A und B sind mit einer Mischung von Vaseline und Wachs eingefettet, die bei Zimmertemperatur erstarrt. Bremst man nun durch ein Tuch den Tellerrand, so wird dadurch das Fett dünnflüssig, und der Spiegel beginnt langsam zu schlüpfen. Man paßt den Moment ab, wo der Lichtstrahl in das Fernrohr gelangt und hört mit dem Bremsen auf.

Die Methode soll auch zum Studium der Pendelungen benutzt werden, die sich leicht bei parallel arbeitenden Wechselstrommaschinen einstellen. *E. O.*

Deformierte Spannungs- und Stromkurven und deren Analyse.

Von H. Hermann. *Elektrotechn. Zeitschr.* **31.** *S. 56 u. 94. 1910.*

Der Gedanke, welcher der Kurvenanalyse von Hermann zugrunde liegt, ist derselbe, welchen schon Vavrečka benutzt hat (vgl. *diese Zeitschr.* **27.** *S. 234. 1907*).

$$y = a_1 \sin \omega t + a_3 \sin 3 \omega t + \ldots + b_1 \cos \omega t + b_3 \cos 3 \omega t + \ldots$$

sei die Gleichung einer zur Abszissenachse symmetrischen Kurve. Beschränkt man sich auf die ersten Glieder der Reihe, so entnimmt man der Kurve die Ordinaten für Winkel ωt, welche gewissen Bruchteilen von π gleich sind. Daraus kann man verhältnismäßig leicht die Koeffizienten a und b berechnen. Hermann führt die Berechnung durch für den Fall, daß die Oberschwingungen bis zur siebenten beibehalten werden, indem er die Ordinaten für

$$\omega t = 30^\circ \quad 45^\circ \quad 60^\circ \quad 90^\circ \quad 120^\circ \quad 135^\circ \quad 150^\circ$$

benutzt. Ist die Kurve ferner symmetrisch zur y-Achse (alle b gleich Null), so führt er die Berechnung auch von a_9 aus. Ist bekannt, daß die zu analysierende Kurve nur 1 oder 2 Oberschwingungen enthält, so können die Gleichungen bedeutend vereinfacht werden.

Verdienstlich ist eine Kurventabelle, in welcher der Verf. eine große Zahl von Kurven zusammengesetzt hat, welche eine oder mehrere Oberschwingungen enthalten. *E. O.*

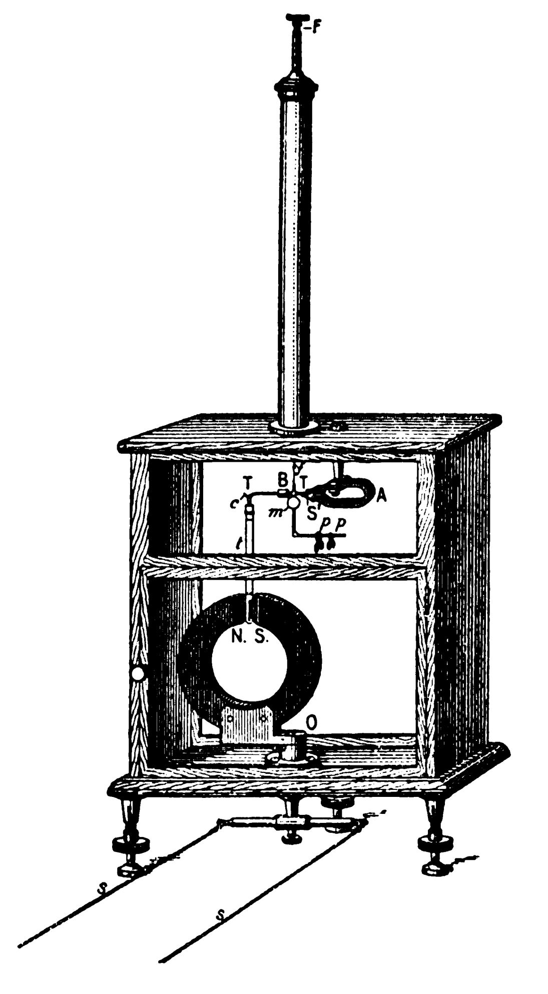
Die magnetische Wage von Curie und Cheneveau.

Von C. Cheneveau, mit einem Anhang von A. C. Jolley. *Phil. Mag.* **20.** *S. 357. 1910; The Electrician* **65.** *S. 1019. 1910.*

Die in beistehender Figur abgebildete Drehwage dient zur Bestimmung der Suszeptibilität von schwach para- oder diamagnetischen Substanzen. Der am Knopf F befestigte Aufhängefaden trägt unten den Arm TT, an dessen einem Ende der zur Aufnahme des Ver-

suchskörpers bestimmte Glaszylinder t hängt, während am anderen Ende der Kupferdämpfer S' zwischen den Polen eines Hufeisenmagnets A spielt. Die Laufgewichte B und $p\,p$ ermöglichen die Ausbalancierung des Arms, der außerdem noch zur Beobachtung mit Fernrohr und Skale den Spiegel m trägt.

Das magnetische Feld wird erzeugt durch einen Ringmagnet N. S., der mittels der Schnüre $s\,s$ um die Achse O bewegt werden kann. Je nachdem nun der Versuchskörper para- oder diamagnetisch ist, erfährt er bei Annäherung des Magnets eine Anziehung oder Abstoßung, die bei einer bestimmten Stellung ihr Maximum erreicht, um dann wieder auf Null zurückzugehen. Diese Stellung, welche der stärksten Drehung des Spiegels entspricht, bestimmt der Beobachter mit Fernrohr und Skale, und zwar empfiehlt es sich, die maximalen Ablenkungen nach beiden Seiten zu beobachten und zu mitteln.



Für die Auswertung gilt folgendes: Bezeichnet K den Koeffizient der spezifischen Magnetisierung, m die Masse des Versuchskörpers, H_y das Feld zwischen den Magnetpolen und $\frac{\partial H_y}{\partial x}$ die Feldänderung an der Stelle des Körpers in Richtung senkrecht zur Verbindungslinie der Pole, so ist die auf den Körper wirkende Kraft f gegeben durch

$$f = K \cdot m \cdot H_y \cdot \frac{\partial H_y}{\partial x};$$

andrerseits ist $f \cdot l = c \cdot \alpha = c \cdot \frac{n}{2L}$, wenn l die Länge des Hebelarmes, α den Ausschlagswinkel, n die Anzahl der abgelesenen Teilstriche, L den Abstand zwischen Spiegel und Skale, c das Drehmoment pro Winkeleinheit bezeichnet. Hieraus folgt

$$K = \frac{c\,n}{2\,m\,l\,L\,H_y \cdot \frac{\partial H_y}{\partial x}}.$$

Dieser Ausdruck würde, wenn Feld und Feldänderung hinreichend genau bekannt sind, auch absolute Messungen gestatten. Besonders einfach aber wird das Verfahren bei Vergleichsmessungen unter Benutzung eines Körpers, dessen spezifischen Magnetisierungskoeffizient K' man kennt. Man erhält dann für ihn eine der obigen ganz entsprechende Formel und durch Division beider die Beziehung

$$\frac{K\,m}{K'\,m'} = \frac{n}{n'},$$

wobei sich die gestrichelten Buchstaben auf den Vergleichskörper beziehen.

Im vorliegenden Falle wurde als solcher destilliertes Wasser benutzt, dessen Magnetisierungskoeffizient K' von P. Curie nach einem ähnlichen Verfahren zu $-0{,}79 \cdot 10^{-6}$ bestimmt worden war; der Einfluß des Gefäßes muß hierbei natürlich in Rechnung gezogen werden.

Die Werte, die Jolley für verschiedene Substanzen fand, sind in folgender Tabelle zusammengestellt. Die Unterschiede für verschiedene Proben derselben Substanz sind recht

beträchtlich; außerdem zeigt es sich, daß von den in der Tabelle aufgeführten Substanzen Manganin am stärksten magnetisierbar ist, was ja an sich nicht auffallend ist, da die bekannten ferromagnetischen Heuslerschen Legierungen ähnliche Zusammensetzung aufweisen.

Tabelle.

Substanz	Dichte	$K \cdot 10^6$
Wasser	1,0	— 0,79[1])
Alkohol	0,79	— 0,78
Benzin	0,85	— 0,962
Aluminium (4 Proben) .	2,67	+ 1,19 bis + 2,99
Messing (11 Proben) .	8,1	— 0,026 „ + 4,05
Kupfer (9 Proben) . .	8,9	— 0,097 „ + 1,06
Zinn	7,3	+ 0,151
Zink (3 Proben) . . .	6,9	+ 0,043 „ + 0,224
Nickelin (4 Proben) . .	9,1 — 8,8	2,11 „ 5,76
Platinoid	8,83	1,75
Konstantan (4 Proben)	9,0	9,67 „ 12,37
Neusilber	9,06	6,77
Manganin (2 Proben) .	8,6	28,05 „ 28,7

[1]) Das Vorzeichen — bedeutet, daß die Substanz diamagnetisch, das Vorzeichen +, daß sie paramagnetisch ist.

Daß es schwer ist, ganz unmagnetisches Kupfer zu erhalten, namentlich in Gestalt von Drähten, ist bekannt. Jolley fand, daß durch die einmalige Behandlung mit konzentrierter Salzsäure die Magnetisierbarkeit von Kupfer etwa auf die Hälfte sank, während eine erneute Behandlung keine merkliche Änderung mehr hervorbrachte, wohl ein Beweis dafür, daß man es in der Hauptsache mit oberflächlichen Verunreinigungen durch eiserne Instrumente, Zieheisen u. s. w. zu tun hat. *Glch.*

Bücherbesprechungen.

O. D. Chwolson, Lehrbuch der Physik. 4. Bd. Die Lehre von der Elektrizität. 1. Hälfte. Übers. von H. Pflaum. gr. 8°. XII, 916 S. m. 336 Abbildgn. Braunschweig, F. Vieweg & Sohn 1908. 16 M.; geb. in Leinw. 18 M.

Ebenso wie bei den früheren Bänden zeigt sich bei dem vorliegenden, der die Elektrostatik und den größten Teil der Magnetostatik umfaßt, daß er aus der Individualität eines einzelnen Forschers hervorgegangen ist. Damit ist gesagt, daß das Chwolsonsche Lehrbuch sich zwar als Nachschlagewerk nur bei nicht zu weitgehenden Ansprüchen eignet, aber ausgezeichnet zur Einführung und erstmaligen Orientierung über irgendein Gebiet. Auch wer einen Abschnitt liest, dessen Inhalt ihm durchaus vertraut ist, wird vielfach durch die Originalität der Darstellung erfreut und angeregt werden.

In einer Einleitung von 18 Seiten legt der Verf. seine Auffassung vom gegenwärtigen Stand der Elektrizitätslehre dar. Daß sich hier glückliche Gedanken finden, belege der folgende Satz (*S. 3*): „Nach unserer Ansicht besteht die wissenschaftliche Erkenntnis irgendeines Gebietes der Physik im richtigen Erfassen der Bedeutung, welche im gegebenen Augenblicke diese oder jene Theorien, diese oder jene Hypothesen besitzen.“ Für die Ungeschminktheit der Darstellung spricht die Bemerkung (*S. 7*): „Wir müssen nun aber erklären, daß zurzeit keine Theorie existiert, welche den genannten Bedingungen entspricht.“ Selbstverständlich ist es, daß der Verf. die drei Perioden der theoretischen Auffassung der Elektrizitätslehre historisch erwähnt, oder, wie er sagt, die drei Bilder „A (bis 1870) Fernwirkungslehre, B (1870—1900) Faraday-Maxwellsche Theorie und C (nach 1900) Elektronentheorie“; aber

überraschend wirkt vielleicht die didaktische Nutzanwendung, die er daraus zieht. Der Verf. hält die Elektronentheorie noch nicht für hinreichend durchgebildet, um sie in systematischer Weise der Darstellung zugrunde zu legen. Dies, worüber man verschiedener Meinung sein kann, zugestanden, ist der eingeschlagene Weg ausgezeichnet. Der Verf. führt nämlich den Leser in die theoretische Auffassung ein, indem er in den ersten Kapiteln der Elektrostatik nach der Beschreibung jeder Gruppe von Erscheinungen die Bilder A und B nacheinander gesondert entwickelt und in Gegenüberstellung betrachtet.

Der gesamte Stoff ist nach folgendem Schema gruppiert:

I. Teil. Elektrisches Feld.	II. Teil. Magnetisches Feld.
Eigenschaften des Feldes.	Eigenschaften des Feldes.
Quellen des Feldes.	Quellen des Feldes.
Einfluß des Feldes auf die Materie.	Einfluß des Feldes auf die Materie.
Messungen.	Messungen.
Erdelektrizität.	Erdmagnetismus.

Die beiden letzten Unterabteilungen von II sind im vorliegenden Bande noch nicht behandelt. Ebenso werden das veränderliche Feld sowie alle anderen Teile der Elektrizitätslehre erst später folgen.

Der Verf. ist sichtlich bemüht, möglichst unparteiisch zu sein und gegenüberstehende Meinungen ohne Voreingenommenheit zu berichten, wobei er jedoch genug Persönliches hinzutut, um die Darstellung vor dem Herabsinken auf eine bloße Berichterstattung zu bewahren. Leider führen von diesem gewiß richtigen und empfehlenswerten Standpunkt der Unparteilichkeit viele Übergänge in das weite Gebiet mangelnder Kritik. Es wäre wunderbar, wenn es einem Autor, der das gesamte Gebiet der Physik beschreibt, immer gelungen wäre, sich innerhalb der richtigen Grenze zu halten. Wenn der Verf. der Auffassung, daß die elektromotorische Kraft eines galvanischen Elementes an der Berührungsstelle der beiden Metalle sitze, gleiche Berechtigung einräumt wie der üblichen, daß die Potentialdifferenz da zu suchen sei, wo die chemischen Prozesse sich abspielen (vgl. *S. 178*), so dürfte die Grenze überschritten sein.

Die Verbindung der anschaulichen Darstellung und der theoretischen Behandlung, die naturgemäß nur die wesentlichen Züge gibt und auf Details im allgemeinen verzichtet, befriedigt sehr. Wo man den Stoff für ein Lehrbuch von gegebenem Umfang begrenzen soll, unterliegt natürlich der persönlichen Auffassung. An einzelnen Punkten scheint dem Ref. auch diese Grenze nicht am besten gezogen. Z. B. sind in einiger Ausführlichkeit die älteren Typen der Elektrometer behandelt (*S. 313—331*), dagegen sind den neueren elektrostatischen Voltmetern im ganzen 5 Zeilen gewidmet, und die immer wichtiger werdenden Instrumente für hohe Spannungen sind überhaupt nicht erwähnt. An der Stelle, wo verschiedene Ausführungen von Kondensatoren besprochen werden, darunter auch veränderliche wie Thomsons *sliding cylindrical condenser* und die von Nernst bei der Messung von Dielektrizitätskonstanten benutzten, halb improvisierten Apparate, sind die durch die drahtlose Telegraphie ausgebildeten Drehkondensatoren nicht erwähnt.

Von dem Kapitel über Messungen kann man nicht behaupten, daß es in jeder Beziehung dem heutigen Stande der Meßtechnik entspräche, wird dies aber bei einem allgemeinen Lehrbuch vielleicht nicht für sehr wichtig halten. Jedenfalls wird kaum jemand ein solches als Handbuch bei Messungen an Stelle eines der vorzüglichen Spezialwerke darüber verwenden wollen. Auch betont der Verf. selbst (*S. 309*), daß „eine wirkliche Kenntnis der Meßmethoden nur im Laboratorium gewonnen werden könne". Der Zweck des Buches ist eben ein anderer, nämlich die Kenntnis der Erscheinungen zu vermitteln und zweckmäßige Anschauungen darüber zu geben. Diesem Hauptzweck, das muß hervorgehoben werden, ist der Autor in hohem Maße und auf ansprechende, nicht ermüdende Art gerecht geworden.

Dst.

Neu erschienene Bücher.

E. H. Riesenfeld, Anorganisch-chemisches Praktikum. Qualitative Analyse u. anorgan. Präparate. 2. Aufl. 8°. XII, 340 S. m. 13 Abbildgn. Leipzig, S. Hirzel 1910. Geb. in Leinw. 6 M.

R. K. Mc Clung, *Electric Discharges through Gases. Conduction of Electricity through Gases and Radioactivity. Textbook with Experiments.* 8°. XVI, 245 S. Philadelphia 1910. Geb. 7,50 M.

B. G. Teubners Sammlung von Lehrbüchern auf dem Gebiete der mathematischen Wissenschaften mit Einschluß ihrer Anwendungen. gr. 8°. Leipzig, B. G. Teubner.

XXX. Bd. 2. Tl. O. Staude, Analytische Geometrie des Punktepaares, des Kegelschnittes und der Fläche 2. Ordnung. 2. Teilbd. IV u. S. 549—1000 m. 47 Fig. 1910. 16 M.; geb. in Leinw. 18 M. — XXXIV. Bd. W. Voigt, Lehrbuch der Kristallphysik (mit Ausschluß der Kristalloptik). XXIV, 964 S. m. 213 Fig. u. 1 Taf. 1910. 30 M.; geb. in Leinw. 32 M.

W. Marriott, *Hints to Meteorological Observers.* 6. Aufl. 8°. London 1909. 2 M.

Sammlung Schubert. 8°. Leipzig, G. J. Göschen.

LXI. K. Boehm, Elliptische Funktionen. 2. Tl. Theorie der elliptischen Integrale. Umkehrproblem. VII, 180 S. m. 28 Fig. 1910. Geb. in Leinw. 5 M.

A. Pelletan, *Optique appliquée. Calcul des lentilles employées dans les appareils de précision.* 8°. Mit 85 Fig. Paris 1910. 4,50 M.

J. Bauschinger u. J. Peters, Logarithmisch-trigonometrische Tafeln mit 8 Dezimalstellen, enth. die Logarithmen aller Zahlen von 1—200000 und Logarithmen der trigonometrischen Funktionen für jede Sexagesimalsekunde des Quadranten. Mit Unterstützg. der kgl. preuß. Akademie der Wissenschaften in Berlin u. der kais. Akademie der Wissenschaften in Wien (Treitlstiftung) neu berechnet u. hrsg. I. Bd. Tafel der 8-stell. Logarithmen aller Zahlen von 1—200000. Ster.-Ausg. Lex. 8°. XX, 368 S. m. Fig. Leipzig, W. Engelmann 1910. 17 M.; geb. in Leinw. 18,50 M.

H. v. Helmholtz, Handbuch der physiologischen Optik. 3. Aufl., ergänzt und hrsg. in Gemeinschaft mit Prof. Dr. A. Gullstrand u. Prof. Dr. J. v. Kries von Prof. Dr. W. Nagel. In 3 Bdn. Lex. 8°. Hamburg, L. Voss.

I. Bd.: Einleitung, hrsg. v. Prof. Dr. W. Nagel. Die Dioptrik des Auges, hrsg. v. Prof. Dr. A. Gullstrand. XVI, 376 S. m. 146 Abbildgn. im Text. 1909. 14 M.; geb. in Leinw. 16 M. — III. Bd.: Die Lehre von den Gesichtswahrnehmungen, hrsg. v. Prof. Dr. J. v. Kries. VIII, 564 S. m. 81 Abbildgn. im Text, 6 Taf. u. 1 Porträt von H. v. Helmholtz. 1910. 24 M.; geb. in Leinw. 26,50 M.

Der II. Bd. ist in 3 Aufl. noch nicht erschienen.

S. Newcomb, *Popular Astronomy.* 2. Ausg. 8°. 600 S. m. Fig. London 1910. Geb. in Leinw. 8,80 M.

Fortschritte der Physik im Jahre 1909. Dargestellt von der deutschen physikalischen Gesellschaft. 65. Jahrgang. gr. 8°. Braunschweig, F. Vieweg & Sohn.

2. Abtlg. Elektrizität und Magnetismus. Optik des gesamten Spektrums. Wärme. Red. v. K. Scheel. XLIII, 654 S. 1910. 34 M.

L. Bianchi, Vorlesungen üb. Differentialgeometrie. Übers. v. Prof. M. Lukat. 2., verm. u. verb. Aufl. gr. 8°. XVIII, 721 S. Leipzig, B. G. Teubner 1910. 22,60 M.; geb. in Leinw. 24,60 M.

Enzyklopädie der mathematischen Wissenschaften mit Einschluß ihrer Anwendungen. Hrsg. im Auftrage der Akademien der Wissenschaften zu Göttingen, Leipzig, München u. Wien, sowie unter Mitwirkg. zahlreicher Fachgenossen. VI. Bd. 2. Tl.: Astronomie. Red. v. K. Schwarzschild. 3. Heft. Lex. 8°. S. 335—462 m. Fig. Leipzig, B. G. Teubner 1910. 3,60 M.

Annalen der Physik. Register zu Bd. 51—69 (1894—1899) der Reihe von Wiedemann u. zu Bd. 1—30 (1900—1909) der 4. Folge. Bearb. v. Dr. J. H. Meerburg. gr. 8°. IV, 894 S. Leipzig, J. A. Barth 1910. 25 M.

Verlag von Julius Springer in Berlin N. — Universitäts-Buchdruckerei von Gustav Schade (Otto Francke) in Berlin N.

Zeitschrift für Instrumentenkunde.

Kuratorium:

Geh. Reg.-Rat Prof. Dr. **F. R. Helmert**, Vorsitzender, Prof. Dr. **A. Raps**, geschäftsführendes Mitglied, Dr. **H. Krüss**, Prof. Dr. **R. Straubel**.

Redaktion: Geh. Reg.-Rat Prof. Dr. **St. Lindeck** in Charlottenburg-Berlin.

XXX. Jahrgang. **Dezember 1910.** Zwölftes Heft.

Universal-Spektralapparat.

Von

C. Leiss.

(Mitteilung aus der mechanisch-optischen Werkstätte von R. Fuess in Steglitz bei Berlin.)

Die Konstruktion des Apparates erfolgte unter dem Gesichtspunkt, einen Spektralapparat herzustellen, der eine möglichst vielseitige, dem heutigen Stande der spektroskopischen Wissenschaft entsprechende Verwendung gestattet. Der Apparat ist in Anlehnung an die allbekannten Typen von Spektralapparaten konstruiert, weist aber eine größere Anzahl Neuerungen[1]) auf, die eine erhebliche Vereinfachung der Handhabung und eine recht ausgedehnte Verwendung ermöglichen. Ein Exemplar ist für das Mathematisch-Physikalische Institut der Universität Freiburg i. Br. konstruiert und dort zu Beobachtungen über Emissionsspektra, Absorptionsspektra, Zeeman-Effekt, Phasensprung und Schichtdickenmessung verwandt worden.

Eine Ansicht des Apparates gibt Fig. 1; die optische Anordnung des Apparates zeigt Fig. 2, welche einen Horizontalschnitt durch den Kollimator und das Fernrohr darstellt.

Auf dem Kernstück eines kräftigen, mit drei Stellschrauben versehenen Dreifußes erhebt sich eine konische Achse; um diese ist der Träger A für das Beobachtungsfernrohr bezw. die Kamera drehbar gelagert. Zum Festklemmen von A dient die Hebelschraube a, während die Feineinstellung durch die Mikrometerschraube a_1 erfolgt. Letztere ist für Dispersionsbestimmungen mit einer in 150 Teile geteilten Trommel versehen; ein Intervall dieser Trommel entspricht einem Winkelwert von rund 10″. Eine besonders große Lupe L erleichtert die Ablesung der Teiltrommel, wobei ein elektrisches Glühlämpchen e für 2 oder 4 Volt Spannung zur Beleuchtung dient. Die Last des Trägers A ist durch das Gegengewicht g ausbalanciert.

In die mit dem Dreifuß verbundene konische Achse ist ein gleichfalls konischer, mittels der Griffscheibe k drehbarer Zapfen eingesetzt, der für die Drehung des Prismentisches dient. Letzterer wird auf das obere Ende eines zylindrischen Zapfens geklemmt, der sich in der Achse des Prismentisches hoch und tief stellen und durch die Schraube p festklemmen läßt. Die Feststellung der Achse des Prismentisches erfolgt mit der Schraube k_1.

Spalt und Kollimator. Der Kollimator wird von einer sehr kräftigen, auf dem einen Schenkel des Dreifußes befestigten Säule getragen. Der symmetrisch sich öffnende Spalt, dessen Backen aus hartem Stahl gefertigt und mit wirklichen Schneiden

[1]) Wir verdanken diese Neuerungen zum Teil den Angaben des Direktors des oben genannten Instituts, Hrn. Prof. Dr. J. Koenigsberger.

versehen sind, ist nach genauer Einstellung auf Unendlich fest mit dem Kollimatorrohr verbunden. Ein Trommelintervall der Mikrometerschraube, deren Steigung 0,5 *mm* beträgt, entspricht 0,01 *mm*.

Vor dem Spalt befindet sich eine Drehscheibe *s*, von der bei Besprechung der Kamera später noch die Rede ist. Außer dieser Drehscheibe *s* können noch zwei Scheiben zu photometrischen Messungen bei sehr hoher Dispersion beigegeben werden; sie sind gegen *s* leicht auswechselbar. Die eine derselben trägt ein totalreflektierendes Prisma, durch welches Licht von der Vergleichslichtquelle fällt, und einen Halter, in dem geeichte Rauchglaskeile mit Skale und platinierte Glasplatten zur meßbaren Schwächung der Vergleichslichtquelle verschoben werden. Eine zweite Scheibe ist

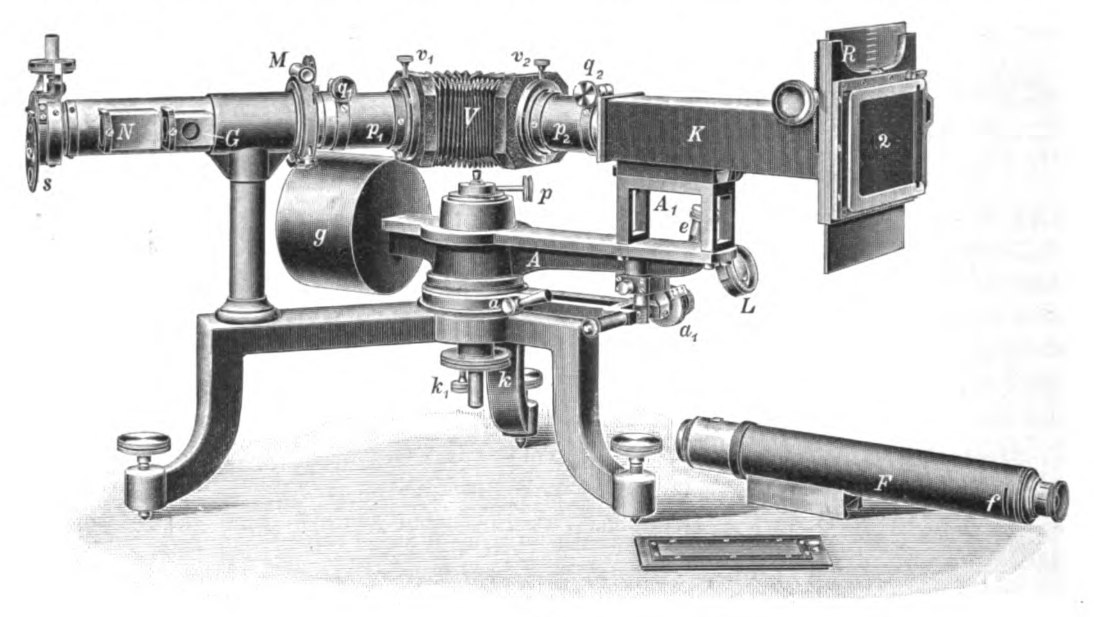


Fig. 1.

zu photometrischen Vergleichungen mit den Rauchglaskeilen in der Richtung des Kollimatorrohres bestimmt. Diese Anordnung wird zur Messung der selektiven Absorption emittierender Flammen verwandt.

Hinter dem Spalt folgt ein aus- und einschaltbares Nicol *N* und sodann eine ebenfalls aus- und einschaltbare, unter 45° geneigte *planparallele Glasplatte G*.

Der Nicol dient zur Beobachtung des Zeeman-Effektes, der elektrischen und magnetischen Doppelbrechung, der normalen und anomalen magnetischen Rotation in bekannten Anordnungen. So wird für Beobachtung des Zeeman-Effektes parallel den Kraftlinien vor den Spalt eine $^1/_4\,\lambda$-Doppelplatte (rechts- und links zirkularpolarisierend) aus Glimmer aufgesetzt und der Nicol eingeschoben. Für Beobachtung des Zeeman-Effektes senkrecht zu den Kraftlinien wird entweder vor die eine Hälfte des Spaltes auf die beigegebenen Scheiben eine Platte aus Quarz senkrecht zur Achse, die für Gelb—Grün exakt um 90° dreht, aufgesetzt, oder $^1/_2\,\lambda$-Doppelplatte aus Glimmer. Zur Beobachtung wird dann ein Rowlandsches Plangitter oder eine der guten, jetzt leicht erhältlichen Kopien desselben in der 2-ten oder 3-ten Ordnung verwandt, unter Vorschaltung des einen Prismas in der Youngschen Montierung, um das Übereinanderlagern der Spektren zu vermeiden. Der Nicol ist stets so gestellt, daß seine Schwingungsrichtung (elektrischer oder Fresnelscher Vektor) vertikal steht.

Zur Messung der elektrischen oder magnetischen Doppelbrechung wird die Doppelglimmerplatte aus dem Okular nach J. Koenigsberger auf den Spalt des Kollimators gebracht; davor der Kompensator und dann die Substanz im elektrischen Feld, vor der sich wieder ein zweiter Nicol befindet. Die Anordnung für die Beobachtung der magnetischen Drehung der Polarisationsebene bedarf keiner besonderen Erläuterung.

Wenn der Nicol, wie hier geschehen, im Kollimator angebracht ist, so muß die Einstellung der Kollimatorlinse unter Berücksichtigung der veränderten optischen Weglänge geändert werden. Es ist hierfür ein Anschlag vorhanden, der das Auffinden dieser Stellung sofort ermöglicht. Der Innen-Nicol bietet gegenüber allen anderen Anordnungen den Vorzug größerer Helligkeit bei ziemlich kleinen Dimensionen und

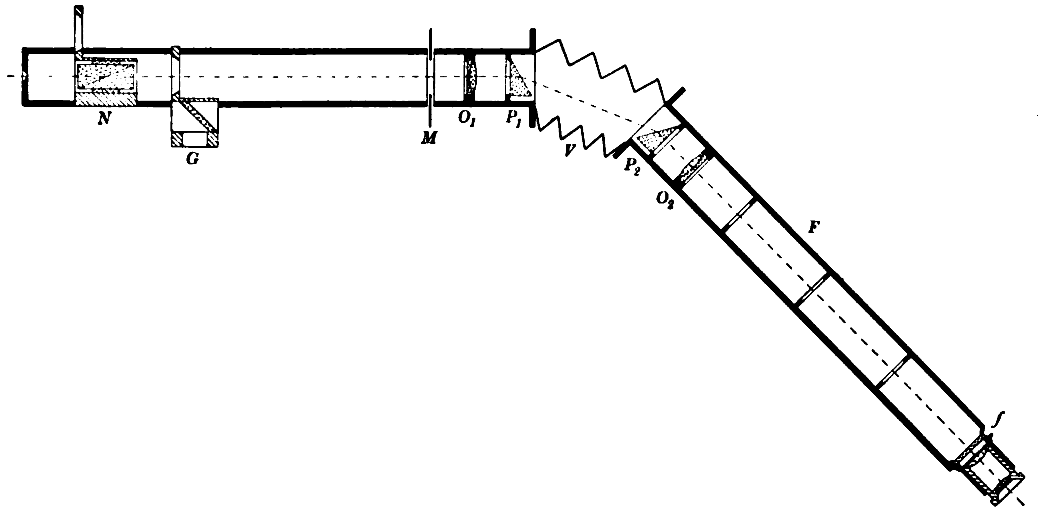


Fig. 2.

den sehr wertvollen der leichten Justierung. Wer einmal damit gearbeitet hat, wird kaum davon abgehen.

Die Glasplatte dient ferner zur Messung von Schichtdicken und zur Bestimmung des Phasensprungs nach den Methoden von Wernicke und O. Wiener. Zu diesem Zweck wird die Lichtquelle seitlich aufgestellt, und vor das Kollimatorrohr auf die Säule kann ein kleiner Tisch mit Justiervorrichtung angeschraubt werden, auf welchen die zu untersuchende Platte kommt.

Nahe dem Kollimator-Objektiv O_1 ist ein *Momentverschluſs* M in das Kollimatorrohr eingebaut. Dieser ist regulierbar für Zeit- und Momentaufnahmen bis zu 0,02 Sekunde.

Das *Beobachtungsfernrohr* F bezw. die Kamera K ist auf dem Trägerarm A so montiert, daß F und K leicht gegen einander ausgetauscht werden können. Ein am Ende von A befindlicher Bock A_1 ist oben mit einem schwalbenschwanzförmigen Schlitten versehen, auf dem sich je nach Bedarf das Fernrohr F oder die Kamera K aufschieben und festklemmen läßt. In die Bildebene f des Fernrohres kann man ein Glasmikrometer, das in 100 Teile geteilt ist, einschieben und durch einen seitlich angebrachten Schlitz beleuchten; der Rand des Glases ist zu diesem Zweck poliert. Ferner können bei f zwei Blenden eingeschoben werden, die dazu dienen, gewisse Teile des Spektrums spaltartig auszublenden.

Die beiden *Objektive* des Kollimators und des Fernrohres haben eine Brennweite von etwa 250 *mm* bei einer Öffnung von etwa 20 *mm*. Außer einem Gaußschen Okular

besitzt das Fernrohr zwei Ramsdensche Okulare, die Vergrößerungen von + 10 und + 15 ergeben.

Als *Dispersionssystem* kommt sowohl für die Untersuchung im sichtbaren wie auch im ultravioletten Spektralgebiet die Youngsche Prismenanordnung, wie sie neuerdings von F. Löwe (*diese Zeitschr. 28. S. 261. 1908*) in die Praxis eingeführt worden ist, zur Anwendung (s. Fig. 2). Die Youngsche Anordnung hat bekanntlich gegenüber dem Aufsetzen des Prismas auf den Prismentisch den Vorteil, daß bei jeder Stellung des Fernrohres oder der Kamera zum Kollimator in der Sehfeld- oder Platten-Mitte ein Minimum der Ablenkung erhalten bleibt und damit für die günstigsten Abbildungsbedingungen gesorgt ist. Einen weiteren Vorteil bietet die Youngsche Anordnung noch dadurch, daß die Prismen, welche mit den besonderen Hülsen p_1 und p_2 (Fig. 1) versehen sind, über die Fassungen der Objektive O_1 und O_2 orientiert geschoben und durch die Schrauben q_1 und q_2 festgeklemmt werden, stets ohne weiteres justiert sind. Um die Dispersion zu erhöhen, sodaß eine Aufnahme vom äußersten Ultraviolett bis zum Rot für sehr viele Zwecke ausreicht, kann ein Cornusches Doppelprisma außerdem auf den Prismentisch gesetzt werden. Die Kassette der Kamera erhält für diesen Zweck eine geringe Schrägstellung, die durch einen Anschlag gegeben ist. Für die zeitraubende Aufnahme lichtschwacher Spektra ist diese Einrichtung sehr wertvoll.

Der brechende Winkel der beiden Glasprismen P_1 und P_2 ($n_D = 1{,}72$) ist so bemessen, daß deren Ablenkung die gleiche ist wie die der beiden Quarzprismen, die zusammen ein Cornusches Prisma ergeben. Eine neue Einstellung ist also beim Übergang von dem einen zum anderen Spektralbezirk nicht erforderlich.

Die *Kamera K* ist vollständig aus Metall gefertigt; behufs Aufnahme einer größeren Anzahl unter einander stehender Spektren, bei denen es sich meist um rasch aufeinander folgende, kurze Expositionen handelt, kann die Platte schnell in die für die folgende Aufnahme erforderliche Stellung gebracht werden. Zu diesem Zweck läßt sich der eigentliche Einschieberahmen *R* der Kassette mittels des Zahn- und Triebwerkes und einer exakten Schlittenführung in der Richtung der Spektrallinien verschieben. In einer auf der Triebachse sitzenden Trommel sind zwei Kerben eingeschnitten, in welche bei der Drehung ein federnder Zahn einfällt und so jede halbe Drehung anzeigt, die einer Verschiebung der Platte von 4 *mm* entspricht. Die Stellung der Platte kann außerdem an einer auf der Vorderfläche der Kassettenverschiebung angebrachten kräftigen Teilung abgelesen werden.

Für *Koinzidenz-Aufnahmen* dient die vor dem Spalt befindliche Drehscheibe *s*, welche mit vier Öffnungen versehen ist. Am Rand von *s* sind vier Kerben derart angebracht, daß ein in die Kerben einschnappender Zahn die Stellungen der Diaphragmen so reguliert, daß sich immer eine der durch die Diaphragmen herausgegriffenen Spaltlängen genau an die andere anschließt. Man kann mit Hülfe der Scheibe *s* vier unmittelbar aneinander liegende Spektren aufnehmen, die dann zu *vergleichenden Messungen* sehr gut verwertbar sind. Mit einer anderen Scheibe, die vier verschieden lange Öffnungen trägt, kann man verschiedene Expositionszeiten mit erheblichem Zeitgewinn anwenden oder die für ganz exakte Messungen von H. Kayser geforderte Übereinanderlagerung zweier Spektren vornehmen, derart, daß diese sich nur teilweise überdecken, was die Unterscheidung derselben sehr erleichtert. Die *Doppelkassette* ist für ein Format von 6×9 *cm* eingerichtet.

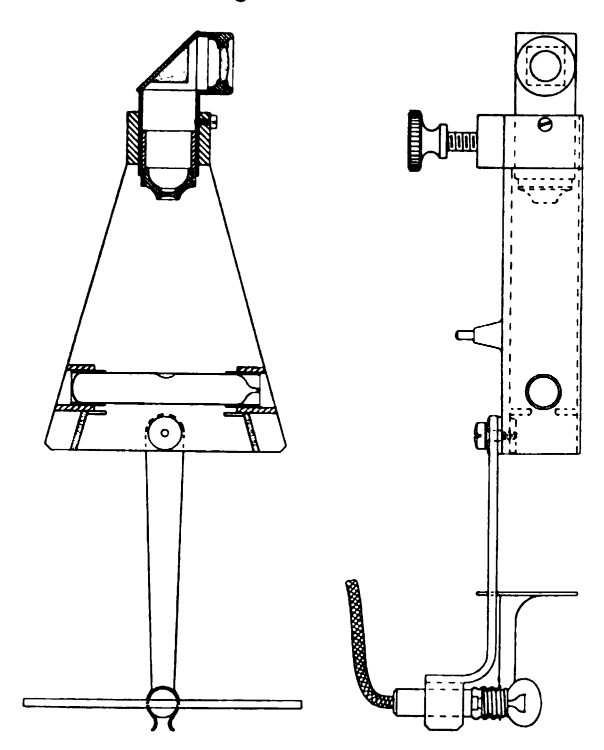
Zum *Schutz gegen störendes Licht* sind die Prismen von einer Verdunkelungsvorrichtung *V* umgeben, welche mit den beiden Schrauben v_1 und v_2 über die Fassungen der beiden Prismen P_1 und P_2 geklemmt werden kann.

Für die Aufnahmen des sichtbaren Spektralgebietes kommt ein Teleobjektiv von $F = 36$ *cm* zur Anwendung; es kann leicht gegen ein Quarz-Fluorit-Objektiv für Aufnahmen im ultravioletten Teil ausgewechselt werden. Ebenso kann das Glasobjektiv des Kollimators gegen ein Quarz-Fluorit-Objektiv umgetauscht werden. Durch Probeaufnahmen u. s. w. sind die Fassungen der Objektive so abgestimmt, daß sie alle genau fokussiert sind und der Apparat sowohl für direkte Beobachtung als auch für photographische Arbeiten immer gebrauchsfertig ist.

Künstlicher Horizont und Ballonsextant.

Von
K. Schwarzschild in Potsdam.

Bringt man ein Galileisches Fernröhrchen über einem Niveau an, sodaß das Objektiv des Fernröhrchens nach oben gekehrt, die konkave Okularlinse dem darunter befindlichen Niveau zugekehrt ist, und sieht von oben in das Fernröhrchen hinein, so erblickt man ein verkleinertes Bild des Niveaus. Man denke sich zunächst das Fernrohr zentrisch zum Niveau justiert und senkrecht gehalten. Dann erscheint die Blase des Niveaus in der Mitte des Gesichtsfelds und gibt zugleich die Vertikale an. Verbindet man Niveau und Fernrohr starr miteinander und dreht nunmehr das ganze Instrument gegen die Vertikale, so wandert die Blase aus der Mitte des Gesichtsfelds heraus. Es läßt sich aber leicht ersehen, unter welcher Bedingung auch bei schiefer Haltung des Instrumentes die Richtung, in der die Blasenmitte von oben erscheint, noch die vertikale bleibt. Es muß nur die Verkleinerung des Bildes des Niveaus bei der Abbildung durch das konkave Okular des Galileischen Fernröhrchens so abgemessen sein, daß sich der Krümmungsradius des Niveaus bei derselben Verkleinerung auf die Länge der Brennweite des Objektivs reduziert. Hat z. B. das Niveau 750 *mm* Krümmungsradius, das Objektiv 50 *mm*, das Okular 5 *mm* Brennweite, so ist die verlangte Verkleinerung $^{50}/_{750} = {}^{1}/_{15}$. Diese wird durch das Okular erzielt, wenn man das Niveau 80 *mm* unterhalb des Okulars anbringt. Bei Erfüllung dieser Bedingung bewegt sich eben die Blase, durch das Fernröhrchen gesehen, um denselben Winkel, um den man das ganze Instrument dreht, dieser Drehung entgegen.



Macht man das Fernrohr durch Einschiebung eines totalreflektierenden Prismas zu einem um 90° gebrochenen, wie das in beistehender Figur gezeichnet ist, so gibt das Instrument ebenso die Horizontale.

Zur Justierung muß sich der Mechaniker ein für allemal eine horizontale Marke einrichten. Blickt man mit einem Fernrohr von etwas größerer Öffnung als das Objektiv des Instrumentchens nach der Marke und hält zugleich das Instrumentchen vor, so sieht man gleichzeitig die Marke und die Blase des Niveaus. Man muß dann zunächst bei ungefähr senkrechter Haltung des Instruments das Prisma so verdrehen oder das Niveau in seiner Längsrichtung so verschieben, bis sich Marke und Blasenmitte decken, und muß dann den verstellbaren Abstand zwischen Niveau und Galileischem Fernröhrchen noch so einjustieren, daß bei beliebiger Drehung des Instruments diese Koinzidenz erhalten bleibt. Das justierte Instrument gibt bis auf einen kleinen verbleibenden Fehler, der genau wie die „Kimmtiefe" des natürlichen Horizonts in Rechnung zu setzen ist, die Horizontale an. Es kann durch eine einfache Klemmvorrichtung an jedem Sextanten angebracht und als künstlicher Horizont an Stelle des natürlichen verwandt werden, sobald die Kimm unsichtbar ist oder auf dem Lande bezw. im Luftballon beobachtet werden soll.

Bei Tage beleuchtet man das Niveau durch eine unterhalb angebrachte weiße Zelluloidscheibe. Die Beobachtung besteht darin, daß man das an den Sextantenspiegeln reflektierte Sonnenbild konzentrisch zur Blasenmitte stellt. Die Blase läßt sich in Praxis etwa von scheinbarer Sonnengröße wählen.

Bei Nacht werden nach einem Vorschlag von Prof. Prandtl mittels eines Glühlämpchens und zweier an den Seiten des Niveaus befindlicher kleiner Spiegel zwei Lichtreflexe an den Enden der Blase erzeugt, in deren Mitte man das Bild des zu beobachtenden Sterns bringt. Die Glühlampe wird nach oben abgeblendet, sodaß das Gesichtsfeld im übrigen dunkel ist.

Die Genauigkeit ist wesentlich dadurch begrenzt, daß die Blase immer eine gewisse Trägheit besitzt und daher bei unruhigem Halten des ganzen Sextanten das Objekt um die Blase herumzutanzen scheint. Doch erreicht man bei freiem Halten des Instruments auf festem Boden eine Genauigkeit von wenigen Bogenminuten (mittl. Fehler $\pm 2'$ mit dem unten beschriebenen Sextanten, abgesehen freilich von allmählichen Änderungen des Indexfehlers); im Freiballon geht die Beobachtung bei ruhigem Korb nicht wesentlich schlechter.

Der künstliche Horizont wird von der Firma Spindler & Hoyer in Göttingen zum Preis von 45 M. geliefert; dazu kommt noch die Anpassungsarbeit.

Dieselbe Firma liefert zum Preis von 200 M. einen besonders für Ballonzwecke geeigneten, mit diesem künstlichen Horizont versehenen Sextanten[1]). Die Schiffssextanten sind für den Ballon meist zu schwer und, sowohl in bezug auf die Einstellung mittels Feinbewegung als auch in bezug auf die Ablesung, auf eine für den Ballon überflüssige Genauigkeit eingerichtet. Der Ballonsextant hat Einstellung mit Trieb und Ablesung mit Nonius auf $2'$. Dieselbe Glühlampe, die das Niveau beleuchtet, kann bequem zur Ablesung an die Teilung herangeführt werden. Das Gewicht des ganzen Instruments beträgt 1 *kg*. Lichtstärke und Gesichtsfeld des Fernrohrs sind so groß gewählt, daß man einen hellen Stern auch durch leichten Nebel schnell findet, wenn man nur zuvor die Höhe des Sterns innerhalb 10^0 richtig schätzt und danach die Alhidade einstellt. Auch der etwas schwächere, aber vor allem wichtige Polarstern, dessen Höhe man ja aus der Breite immer nahe kennt, kann auf diese Weise rasch und sicher gefunden und bei der Dunkelfeldbeleuchtung bequem beobachtet werden.

---

[1]) Abbildung einer ersten Ausführung siehe bei F. Linke, *Deutsche Mech.-Ztg. 1910. S. 24.*

Gegenüber dem Butenschönschen Libellenquadranten hat der Sextant den prinzipiellen Vorzug, daß hier das Objekt einfach mit der Blase zur Deckung gebracht wird[1]), während dort die Blase und gleichzeitig das Objekt auf das Fadenkreuz eingestellt werden müssen. Die „Kimmtiefe" des künstlichen Horizonts kann man nur durch Messung einer bekannten Höhe, z. B. des Polarsterns an einem Ort bekannter Breite, kontrollieren. Den Indexfehler des Sextanten selbst erhält man wie beim gewöhnlichen Sextanten durch Koinzidenzbeobachtung, nachdem man den künstlichen Horizont (durch Lösung einer Bodenschraube) abgenommen hat.

Über eine Grenzbedingung bei der Konstruktion gewisser optischer Systeme.

Von
Dr. H. Harting.

Es ist jedem Konstrukteur zweilinsiger Objektive mit unendlich kleinen Scheitelabständen bekannt, daß die Berechnung der Radien auf die Lösung einer Gleichung zweiten Grades zurückzuführen ist, wenn man an das Objektiv die folgenden vier Bedingungen stellt: Einhaltung der Brennweite, Achromasie, sphärische Korrektion für eine Farbe und Erfüllung der Sinusbedingung. Beschränkt man sich auf einen unendlich großen Objektabstand — und davon gehen wir im folgenden aus — so hat man unter diesen Voraussetzungen ein Fernrohrobjektiv nach dem Fraunhoferschen Typus vor sich. Wie man die Radien, sei es unmittelbar, sei es auf einem kleinen Umwege über die Abbeschen Invarianten, bestimmt, ist bekannt. Ich verweise auf meine beiden hierauf bezüglichen Aufsätze: „Zur Berechnung astronomischer Fernrohrobjektive" (*diese Zeitschr.* **19.** *S. 104. 1899*) und „Zur Theorie der zweiteiligen astronomischen Fernrohrobjektive" (*diese Zeitschr.* **24.** *S. 79. 1904*), deren Buchstabenbezeichnung ich beibehalte.

Demnach hat man folgende Größen aus den optischen Konstanten der zur Verwendung kommenden Gläser zu berechnen:

$$\nu_1 = \frac{n_1 - 1}{n_1'' - n_1'} \qquad \nu_2 = \frac{n_2 - 1}{n_2'' - n_2'} \qquad \mu = \frac{\nu_2}{\nu_1}$$

$$m_1 = \frac{n_1}{n_1 - 1} \qquad m_2 = \frac{n_2}{n_2 - 1}$$

$$\alpha = 3 - \frac{2}{m_1} \qquad \mathfrak{a} = 2 - \frac{1}{m_1}$$

$$\beta = \left(3 - \frac{2}{m_2}\right)\mu \qquad \mathfrak{b} = \left(2 - \frac{1}{m_2}\right)\mu$$

$$\gamma = 3\,m_1 - 1 \qquad \mathfrak{c} = m_1 - \left(3 - \frac{1}{m_2}\right)\mu + m_2\,\mu^2$$

$$\delta = \left(8 - \frac{4}{m_2}\right)\mu - (3\,m_2 - 1)\,\mu^2$$

$$\varepsilon = m_1^2 - \left(5 - \frac{2}{m_2}\right)\mu + (4\,m_2 - 1)\,\mu^2 - m_2^2\,\mu^3$$

$$\mathfrak{A} = \mathfrak{a}^2\beta - \mathfrak{b}^2\alpha$$

$$\mathfrak{B} = 2\,\mathfrak{a}\,\mathfrak{c}\,\beta - \mathfrak{b}^2\gamma + \mathfrak{a}\,\mathfrak{b}\,\delta$$

$$\mathfrak{C} = \mathfrak{c}^2\beta - \mathfrak{b}^2\varepsilon + \mathfrak{b}\,\mathfrak{c}\,\delta$$

---

[1]) Daß dies die erstrebenswerte Anordnung sei, bemerkt bereits de la Baume Pluvinel (vgl. *diese Zeitschr.* **28.** *S. 247. 1908*).

$$p_1 = \frac{\mathfrak{B} \pm \sqrt{\mathfrak{B}^2 - 4\mathfrak{A}\mathfrak{C}}}{2\mathfrak{A}}$$

$$p_2 = \frac{\mathfrak{a} p_1 - \mathfrak{c}}{\mathfrak{b}}.$$

Die reziproken Radien ϱ_1 bis ϱ_4 sind dann lineare Funktionen der Größen p_1 und p_2.

Es soll nun die Frage näher erörtert werden, unter welchen Umständen eine praktische Lösung der vorstehend beschriebenen Aufgabe möglich ist, d. h. welche Beziehung der drei Größen n_1, n_2 und μ zueinander, also der beiden Brechungsquotienten und des Verhältnisses der Dispersionskonstanten ν, bestehen muß, damit die Gleichung zweiten Grades für p_1 reelle Wurzeln hat, d. h. die Diskriminante $\mathfrak{B}^2 - 4\mathfrak{A}\mathfrak{C}$ positiv wird. Eine negative Diskriminante führt offenbar auf praktisch Unmögliches. Den gesuchten Zusammenhang erhalten wir, wenn wir die vorstehenden Hülfsgrößen eintragen und die Multiplikationen ausführen.

Dann wird

$$\mathfrak{B}^2 - 4\mathfrak{A}\mathfrak{C} = 4\mu^2\left(2 - \frac{1}{m_2}\right)^2\left\{A_4\mu^4 + A_3\mu^3 + A_2\mu^2 + A_1\mu + A_0\right\}.$$

Hierin haben die A-Koeffizienten folgende Werte:

$$A_4 = m_2(m_2 - 1)\left(3 - \frac{2}{m_1}\right)$$

$$A_3 = (3m_2 + 1)(m_2 - 1)\left(-1 + \frac{1}{m_1} - \frac{1}{4m_1^2}\right) + 3 - \frac{2}{m_1}$$

$$A_2 = -\frac{13}{2} + \frac{11}{2m_1} - \frac{1}{m_1^2} - \frac{1}{2m_2} + \frac{1}{2m_1 m_2}$$

$$A_1 = (3m_1 + 1)(m_1 - 1)\left(-1 + \frac{1}{m_2} - \frac{1}{4m_2^2}\right) + 3 - \frac{2}{m_2} + \left(\frac{1}{m_2} - \frac{1}{m_1}\right)\left(3 - \frac{1}{m_1}\right)$$

$$A_0 = m_1(m_1 - 1)\left(3 - \frac{2}{m_2}\right).$$

μ ist stets positiv; es liegt in der Regel, d. h. bei normalen Glaspaaren (größerer Brechungsquotient, größere Farbenzerstreuung), zwischen 0 und +1, wenn $n_1 < n_2$, zwischen +1 und ∞, wenn $n_1 > n_2$ ist. Das Vorzeichen der Diskriminante stimmt also mit dem der ganzen Funktion vierten Grades von μ überein: $\sum_{i=0}^{i=4} A_i\mu^i$. Eine Untersuchung des Verlaufes dieser Funktion von μ, bei der die Koeffizienten der Potenzen von den Brechungsquotienten n_1 und n_2 abhängen, hat innerhalb des Bereiches 1,48 bis 1,64 für n_1 und n_2 folgendes ergeben.

A_4 und A_0 sind immer positiv, A_3, A_2 und A_1 immer negativ. Von den vier Wurzeln der biquadratischen Gleichung $\sum_{i=0}^{i=4} A_i\mu^i = 0$ sind zwei reell, und zwar positiv, die beiden andern komplex. In den beiden folgenden Tafeln sind die beiden reellen Wurzeln μ_1 und μ_2 zusammengestellt.

Für das zwischen diesen beiden Wurzelwerten von μ gelegene Intervall wird die Funktion $\sum_{i=0}^{i=4} A_i\mu^i$ und damit die Diskriminante $\mathfrak{B}^2 - 4\mathfrak{A}\mathfrak{C}$ *negativ*, für alle anderen Werte von μ *positiv*. Das Intervall $\mu_1 \sim \mu_2$ bezeichnet also das Gebiet, innerhalb dessen die Konstruktion eines Fraunhoferschen Fernrohrobjektives auf Grundlage

der angegebenen Näherungsformeln unmöglich wird, da die Radien komplex werden. Bemerkenswert ist, daß die Wurzelwerte nahe an 1 liegen, und zwar sind sie kleiner als 1 für die Kombination $n_1 > n_2$, d. h. Flint voraus, größer als 1 für die Kombination $n_1 < n_2$, d. h. Kron voraus. Die Ausdrücke „Flint" und „Kron" entsprechen hier der bei dem Bau astronomischer Objektive gebräuchlichen Terminologie. Da $\mu = \nu_2 : \nu_1$ gesetzt war, entspricht in beiden Fällen einem größeren ν, d. h. einer kleineren Farbenzerstreuung, ein größerer Brechungsquotient. Es gehören also die auf komplexe Radien führenden Werte von μ bereits dem Gebiete an, in dem das das Fernrohrobjektiv bildende Glaspaar ein *anomales* ist.

$\mu_1 =$

n_2 \ n_1	1,48	1,50	1,52	1,54	1,56	1,58	1,60	1,62	1,64
1,48	1,000	0,997	0,994	0,991	0,988	0,985	0,983	0,980	0,978
1,50	1,003	1,000	0,997	0,994	0,991	0,988	0,986	0,983	0,981
1,52	1,006	1,003	1,000	0,997	0,994	0,991	0,989	0,986	0,984
1,54	1,009	1,006	1,003	1,000	0,997	0,994	0,992	0,989	0,986
1,56	1,012	1,009	1,006	1,003	1,000	0,997	0,994	0,992	0,989
1,58	1,015	1,012	1,009	1,006	1,003	1,000	0,997	0,995	0,992
1,60	1,017	1,014	1,011	1,008	1,006	1,003	1,000	0,997	0,995
1,62	1,020	1,017	1,014	1,011	1,008	1,005	1,003	1,000	0,997
1,64	1,023	1,020	1,017	1,014	1,011	1,008	1,005	1,003	1,000

$\mu_2 =$

n_2 \ n_1	1,48	1,50	1,52	1,54	1,56	1,58	1,60	1,62	1,64
1,48	1,000	0,983	0,966	0,950	0,935	0,921	0,908	0,896	0,885
1,50	1,018	1,000	0,983	0,967	0,952	0,938	0,925	0,913	0,901
1,52	1,036	1,017	1,000	0,984	0,969	0,955	0,941	0,929	0,917
1,54	1,053	1,034	1,016	1,000	0,985	0,970	0,956	0,944	0,932
1,56	1,069	1,050	1,032	1,016	1,000	0,985	0,971	0,959	0,947
1,58	1,085	1,066	1,048	1,031	1,015	1,000	0,986	0,973	0,961
1,60	1,100	1,081	1,063	1,046	1,030	1,015	1,000	0,986	0,974
1,62	1,115	1,096	1,078	1,060	1,043	1,028	1,014	1,000	0,987
1,64	1,130	1,110	1,091	1,073	1,056	1,041	1,027	1,013	1,000

Besondere Erwähnung verdient noch der Fall $n_1 = n_2$. Eine einfache Rechnung zeigt, daß die Summe der A-Koeffizienten wird:

$$\sum_{i=0}^{i=4} A_i = \frac{(m_2 - m_1)^2}{4\, m_1^2\, m_2^2} \left\{1 + 2\,(m_1 + m_2)\,(2\, m_1\, m_2 + 1) - 3\,(m_1 + m_2)^2\right\}.$$

Für $n_1 = n_2$ wird

$$\sum_{i=0}^{i=4} A_i = 0, \qquad \text{ferner} \qquad A_4 = A_0, \qquad A_3 = A_1.$$

Setzen wir noch $\mu + \frac{1}{\mu} = z$, so geht die Gleichung vierten Grades über in

$$A_4\,(z^2 - 2) + A_3\, z + 2\, A_2 + A_1\, z + A_0\,(z^2 - 2) = 0;$$

da aber

$$2\, A_4 + 2\, A_3 + 2\, A_2 + 2\, A_1 + 2\, A_0 = 0$$

ist, muß

$$z = +2$$

werden. Dem entspricht die Doppelwurzel

$$\mu_1 = \mu_2 = +1.$$

Sind also die beiden Brechungsquotienten einander gleich, so berührt die Kurve siebenten Grades nach μ $\mathfrak{B}^2 - 4\,\mathfrak{A}\,\mathfrak{C}$ die Abszissenachse in dem Doppelpunkte $+1$, um nach beiden Richtungen in das Positive anzusteigen. Das Intervall $\mu_1 \sim \mu_2$ schrumpft also so zusammen, daß nur der Fall $\mu_1 = \mu_2 = +1$ ausgeschlossen bleibt. In der Tat ist ja auch mit zwei unendlich dünnen und unendlich nahe zusammenstehenden Linsen aus gleichem Materiale eine chromatische Korrektion nicht möglich.

Zur Erläuterung will ich kurz auf ein Beispiel eingehen, das ungefähr einem häufig vorkommenden Falle entspricht, nämlich

$$n_1 = 1{,}50 \qquad n_2 = 1{,}62.$$

Nach den beiden Tafeln muß das Intervall zwischen

$$\mu_1 = 1{,}017 \quad \text{und} \quad \mu_2 = 1{,}096$$

ausgeschlossen bleiben; für alle Werte $\mu < \mu_1$ und $\mu > \mu_2$ erhalten wir für die vier Linsenradien reelle Werte. Nehmen wir z. B. für ν_2 den Wert 60 an, so darf ν_1 nicht zwischen 55 und 59 liegen. In der Praxis dürfte man wohl schwerlich auf eine so kleine ν-Differenz kommen, denn die Radien werden außerordentlich klein, wie aus der folgenden Zusammenstellung hervorgeht. Die den beiden Wurzelwerten von p_1 entsprechenden Gruppen der reziproken Radien bezogen auf die Brennweite 1 sind durch Indizes unterschieden.

ϱ \ μ	0,60	0,80	0,90	0,9667	1,01	1,10	1,20
ϱ_1'	+ 1,67	+ 1,28	− 0,9	− 19,7	− 768	− 12,6	− 1,28
ϱ_2'	− 3,33	− 8,72	− 20,9	− 79,7	− 569	+ 7,4	+ 8,72
ϱ_3'	− 3,23	− 8,31	− 20,0	− 76,9	− 599	+ 6,6	+ 8,24
ϱ_4'	− 0,81	− 1,86	− 5,5	− 30,1	− 762	− 11,1	− 1,44
ϱ_1''	+ 7,10	+ 16,1	+ 35,8	+ 126,2	+ 342	− 20,8	− 15,5
ϱ_2''	+ 2,10	+ 6,1	+ 15,8	+ 66,2	+ 542	− 0,8	− 5,5
ϱ_3''	+ 6,08	+ 10,8	+ 22,0	+ 78,6	+ 534	− 1,0	− 4,0
ϱ_4''	+ 8,50	+ 17,3	+ 36,6	+ 125,4	+ 371	+ 20,7	− 13,7

Bezüglich der Abhängigkeit der Radien von dem Verhältnisse der Dispersionen sei noch auf die Arbeit von C. V. L. Charlier, Entwurf einer analytischen Theorie zur Konstruktion von astronomischen und photographischen Objektiven (*Vierteljahrsschrift d. Astronom. Gesellsch.* ***31.*** *S. 266. 1896*) verwiesen. Aus der vorstehenden Tabelle geht übrigens hervor, daß es auch für $\mu > 1$, d. h. bei anomalen Glaspaaren, möglich ist, durch passende Wahl des Wertes von μ die Innenradien gleich zu machen und dadurch die beiden Linsen zu verkitten.

Nähert sich μ sehr nahe 1, so konvergiert das Verhältnis der beiden Innenradien $R = \varrho_3 : \varrho_2$ für jeden Wurzelwert der quadratischen Gleichung gegen einen endlichen Wert. Da

$$\varrho_2 = \frac{p_1 - m_1 + 1}{1 - \mu}, \qquad \varrho_3 = \frac{p_2}{1 - \mu}$$

ist, wird

$$R = \frac{\mathfrak{a}\, p_1 - \mathfrak{c}}{\mathfrak{b}\,(p_1 - m_1 + 1)}.$$

Für $\mu = 1$ erhält man

$$\mathfrak{A} = \left(2 - \frac{1}{m_1}\right)^2 \left(3 - \frac{2}{m_2}\right) - \left(2 - \frac{1}{m_2}\right)^2 \left(3 - \frac{2}{m_1}\right)$$

$$\mathfrak{B} = -4 + \frac{2}{m_2} + \frac{1}{m_1} + \frac{4\,m_1}{m_2} - \frac{1}{m_1\,m_2} - \frac{3\,m_1}{m_2^2} + \frac{1}{m_2^2}$$

$$\sqrt{\mathfrak{B}^2 - 4\,\mathfrak{A}\,\mathfrak{C}} = \frac{(2\,m_2 - 1)\,(m_2 - m_1)}{m_1\,m_2^2} \sqrt{1 + 2\,(m_1 + m_2)\,(2\,m_1\,m_2 + 1) - 3\,(m_1 + m_2)^2}\,.$$

Hieraus ergeben sich p_1 und p_2.

Für den besonderen Fall $n_1 = 1{,}50$, $n_2 = 1{,}62$ finden wir als Grenzwerte für das Verhältnis R der Innenradien eines Fraunhoferschen Fernrohrobjektives bei unendlich wenig von 1 verschiedenem μ

$$R' = +\,0{,}976\,, \qquad R'' = +\,1{,}089\,.$$

Schlachtensee bei Berlin, im November 1910.

Phototheodolit mit Tropenkamera.

Von

F. W. Breithaupt & Sohn in Kassel.

Seit einiger Zeit haben wir unsern Phototheodolit auf Veranlassung wissenschaftlicher Reisender, die in die Tropen gingen, mit einer Tropenkamera versehen.

Die Kamera, aus Magnalium hergestellt, ist sehr leicht und besitzt doch die nötige Festigkeit. Außen ist dieselbe, um den Einfluß der Sonnenstrahlen zu schwächen, weiß lackiert, innen mattschwarz. Das frühere Format, 9×12 *cm*, wurde beibehalten. Zur Aufnahme der einfachen, numerierten Metallkassetten wenden wir den bequemen Ernemann-Adapter an, der aus einem Metallrahmen mit in Quadratzentimeter geätzter Mattscheibe und Lichtschutzkappe besteht. Die Metallkassette wird nach Vordrücken der Visierscheibe, die nicht abgenommen zu werden braucht, vor dieselbe in den Rahmen eingeschoben; ein Auswerfer schiebt die Kassette nach der Belichtung wieder aus dem Adapter. Diese Vorgänge vollziehen sich ohne jede Erschütterung der Kamera oder Verrückung des Phototheodolits. Um die Platten zu numerieren, ist an der Kamera ein Zählwerk vorgesehen; die kleinen Zahlen desselben erscheinen später auf den entwickelten Platten (in den Fig. 1 und 2 nicht sichtbar). Im Rahmen sind vier genau justierte Marken, deren Bilder auf der entwickelten Platte scharf erscheinen, angebracht. Die Verbindungslinie der Spitzen oder der darunter befindlichen runden Löcher dieser Marken geben dann auf der Platte die Vertikallinie, den Horizont und den Hauptpunkt.

Das Objektiv der Kamera ist ein Kollinear Serie II, Öffnungsverhältnis 1 : 5,4, ein symmetrischer Anastigmat-Typus der Firma Voigtländer & Sohn in Braunschweig. Das Kollinear Serie II besitzt einen Bildwinkel von etwa 60° bis 80° und vereinigt mit hoher Lichtstärke die spezifischen Eigenschaften der Weitwinkelobjektive: außerordentlich gleichmäßige Verteilung des Lichtes und hervorragende Schärfe. Die äquivalente Brennweite ist 150 *mm*. Am Objektiv befindet sich der Kenngottsche „Koilos“-Verschluß für Zeit- und Momentaufnahmen mit Irisblende und Patentspiralauslöser nach Bowden; an die Sonnenblende des Objektivs lassen sich Gelbfilter anschrauben. Die Schneckengangfassung des Objektivs dient zur Verstellung der Bildweite um 5 *mm*, auf einer in 0,5 *mm* geteilten Skale ablesbar. Das Objektiv läßt sich

in vertikalem Sinne mittels Getriebe um 20 *mm* verschieben, ein in 0,5 *mm* geteilter Maßstab zeigt die Stellung an.

Die Kamera ist in einfacher und sehr sicherer Weise auf der Horizontalachse des Theodolits befestigt und läßt sich durch Lösen eines Knopfes und Zurückschlagen des Scharnierdeckels schnell abnehmen, ohne die Horizontierung des Theodolits zu verändern. Die Kamera und 24 Metallkassetten für das Format 9 × 12 *cm*, zu je drei in einer Mappe verpackt, finden Aufnahme in einem Kasten.

Die am Theodolit vorhandenen Klemm- und Feinstellungen dienen auch zum Einstellen der Kamera; durch eine am Scharnier befindliche Mikrometerschraube wird



Fig. 1. Phototheodolit.



Fig. 2. Photogrammeter.

die mit der Kamera verbundene Zylinderlibelle von 20″ Empfindlichkeit zum Einspielen gebracht und dadurch die Kamera sehr schnell horizontal gestellt.

Zu einfachen photogrammetrischen Arbeiten läßt sich die Kamera auf einem mit Dreifuß und Feinstellung versehenen Bock in gleicher Weise wie auf dem Theodolit befestigen. Es entsteht so ein Photogrammeter.

Die Grundplatte des Bockes trägt zwei Kreuzlibellen und einen in ganze Grad geteilten Kompaß mit einer Nadel von 50 *mm* Länge. Zu diesem Photogrammeter geben wir meistens ein verschiebbares Reisestativ mit abnehmbarem Kopf, welches sich sehr leicht und schnell zusammenstellen läßt.

Es sei noch bemerkt, daß nach Abnehmen der Kamera der Phototheodolit sich in ein sehr vollkommenes Universalinstrument verwandelt, auf dessen Horizontalachse eine in $^1/_2{}^0$ geteilte Aufsteckbussole aufgesetzt werden kann. Das Okular hat Distanz-

messer; ein Prisma mit Farbenglas läßt sich auf dasselbe aufschrauben. Das Gesichtsfeld läßt sich beleuchten. Das Universalinstrument kann somit zu geographischen Ortsbestimmungen, aber auch in der Grube gebraucht werden. Mit dieser Zusammenstellung dürfte dem wissenschaftlichen Reisenden dasjenige gegeben sein, was er zu seinen Aufnahmen gebraucht.

Bei der Vervollständigung dieses Phototheodolits ist alles vermieden, was zu einer komplizierten Konstruktion führen könnte. Wir ließen es uns angelegen sein, einer Bemerkung zu folgen, die E. Doležal in seiner „Anwendung der Photographie in der praktischen Meßkunst“ (Leipzig 1896) auf *S. 45* macht: „Eine feste Verbindung zweier Instrumente an einem Apparat muß infolge der Häufung von Konstruktionsbedingungen zu einer schwerfälligen, wo nicht plumpen Konstruktion führen; hingegen wird eine Konstruktion, bei welcher nach Entfernung eines Teiles und Einsetzen des zweiten eine der Gebrauchsformen, entweder Theodolit oder Photogrammeter, entsteht, bei einfacher Handhabung eine leichtere und elegantere Bauart zulassen.“

Referate.

Georg Friedrich Brander und sein Werk.

Von C. Friedrich. 4⁰. 55 S. München, Selbstverlag des Verf. 1910.

Georg Friedrich Brander.

Von Fr. J. Müller. *Zeitschr. d. Vereins d. höh. bayer. Vermessungsbeamten* ***14.*** *S. 146 u. S. 188. 1910.*

Zwei Schriften auf einmal über den hervorragendsten deutschen Verfertiger geodätischer und anderer wissenschaftlicher Instrumente des 18. Jahrhunderts, ein erfreuliches Zeichen dafür, daß auch in der Instrumententechnik kräftig der historische Sinn sich regt. Und der Vorwurf dieser beiden Schriften ist in der Tat bedeutend genug; war doch Brander (1713—1783) der erste große deutsche Mechaniker aus der Zeit der fortschreitenden Teleskopierung der geodätischen Instrumente, von dem einzelne Erzeugnisse Weltruf genossen, vor allem seine Mikrometer auf Glas. Selbst die unerreichten englischen Optiker und Künstler in geodätischen und astronomischen Instrumenten, z. B. Dollond, verwiesen ihre Kunden auf diese Branderschen Mikrometer.

Der Verf. der zuerst genannten Schrift hält Branders *Polymetroscopium dioptricum* (1764) für das erste mit Fadendistanzmesser versehene Fernrohr (wobei aber Montanari u. A. übersehen werden). Bekannt ist, daß Brander 1779 die goldene Medaille der Kopenhagener Akademie erhielt für die beste Lösung der Aufgabe des „Distanzmessers ohne Latte“ nach unserem heutigen Ausdruck, und ebenso bekannt ist, daß Lambert in seiner Bearbeitung der Passavantschen Übersetzung von Picards „Abhandlung vom Wasserwägen“ (§ 66 und 82) Brander als den Erfinder unseres modernen Nivelliers bezeichnet (die Libelle in Verbindung mit einem Fernrohr sei von Mechanikus Brander in Augsburg als „ein ganz neues Mittel gefunden, die Axe des Tubus bey einer Wasserwage in eine genau horizontale Lage zu bringen“), wobei aber die früheren französischen und englischen Erfinder übergangen sind (Bion u. a. in Paris, Sisson in London). Friedrich berichtet nach kurzem Lebenslauf Branders über 1. seine Mikrometer auf Glas, 2. die Brandersche Teilmaschine zu geradlinigen Teilungen, 3. seine Kreisteilmaschine, 4. die Kreisteilmethode mit dem Zirkel (nach Bird), 5. die Strich- und Punktteilungen der Winkelmeßinstrumente mit geradlinigen Teilungen, 6. die Spiegelsextanten, 7. das amphidioptrische Goniometer, 8. „Schiebetachymeter“ („geometrisches Instrument in Gestalt eines Proportions-Zirkels“, Augsburg 1780), 9. Winkelmeßinstrumente mit kreisförmigen Teilungen, 10. Teilung am Spiegelquadranten,

11. das Scheibeninstrument, 12. die optische Beschaffenheit der Branderschen Meßinstrumente, 13. Distanzmesserfernrohr mit erweitertem Gesichtsfeld, 14. den dioptrischen Sektor, 15. das Nivellierinstrument, 16. die dioptrischen Fernrohre, besonders die „amphidioptrischen“ Fernrohre, 17. die Mikroskope, 18. den Distanzmesser ohne Latte, 19. die achromatischen Fernrohre, 20. Spiegelteleskope und endlich über eine große Zahl physikalischer Instrumente (Luftpumpen, hydrostatische Wage, Thermometer, Barometer, Hygrometer, Manometer, Hietometer, Eudiometer, elektrische Apparate, Deklinatorien und Inklinatorien). Es wäre der lesenswerten reichhaltigen Schrift von Friedrich, deren Schluß (neben der Aufzählung der verwendeten Literatur) eine Liste der im Branderschen Institut angefertigten Instrumente bildet, da und dort übersichtlichere Anordnung zu wünschen; sie ist als Dissertation der Münchener Technischen Hochschule erschienen.

Der Verf. des an zweiter Stelle genannten Aufsatzes gibt, nachdem ihm Friedrich mit der eben besprochenen Veröffentlichung zuvorgekommen ist, im wesentlichen *Ergänzungen* zu dieser; er betrachtet, nach einem Blick auf Branders Lebensgang, sein schönes Verhältnis zu Lambert, gibt einen Abriß des Zustands der Mechanik und Optik vor dem Auftreten Branders und erörtert dann die Arbeiten Branders, zunächst seine trotz der Beihilfe Lamberts im wesentlichen vergeblichen Bemühungen, hinter das Geheimnis der Dollondschen Achromate zu kommen, ferner die Mikrometer. Ausführlich behandelt Müller die von Friedrich nur gestreiften Meßtischkonstruktionen (Brander hat auch eine graphisch-mechanische Lösung der Aufgabe des Rückwärtseinschneidens auf dem Meßtisch angegeben). Das 4. Kap. ist dem Ingolstädtischen Quadranten gewidmet (drei Fuß Halbmesser, auf eisernem Gestell, im ganzen nach Birds Vorbild gebaut), um den Preis von 1600 Gulden für das Observatorium der Jesuiten in Ingolstadt hergestellt, von Pater C. Amman beschrieben (*Quadrans astronomicus* 1770); das 5. Kap. dem Branderschen Mikroskop mit mechanischer Grob- und Feineinstellung und Mikrometer. Den Schluß der Arbeit bildet das Verzeichnis der von Brander selbst herausgegebenen Schriften, 19 an der Zahl, aus 1764 bis 1780, wozu noch 8 von dem Schwiegersohn und Geschäftsnachfolger Höschel verfaßte Arbeiten kommen.

Die zwei Schriften zusammen geben ein recht gutes Bild von der vielseitigen Tätigkeit Branders. *Hammer.*

Über einen neuen Plattenapparat zur Bestimmung von Kapillaritätskonstanten nach der Steighöhenmethode.

Von L. Grunmach. *Verhandl. d. Deutsch. Physikal. Gesellsch.* **12.** *S. 847. 1910; Physikal. Zeitschr.* **11.** *S. 980. 1910.*

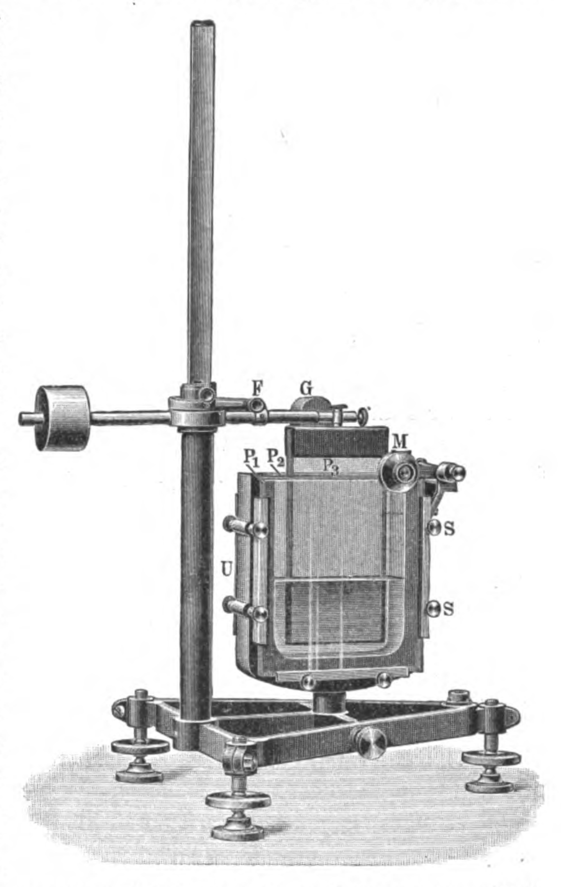
Der Apparat benutzt die Erscheinung, daß eine Flüssigkeit in einem von zwei vertikalen, gegen einander geneigten Glasplatten gebildeten keilförmigen Raum kapillar hochgezogen wird. Da die Flüssigkeit sich um so höher einstellt, je geringer der Plattenabstand ist, so bildet die Oberfläche der Flüssigkeit zwischen den Platten eine geneigte Fläche, und zwar hat diese Fläche eine solche Form, daß ihre Schnittlinien mit den begrenzenden Glasplatten Hyperbeln sind.

Bezeichnet man den Winkel zwischen den beiden geneigten Glasplatten mit φ, mit σ die Dichte der Flüssigkeit, mit x und y die Koordinaten eines Hyperbelpunktes bezogen auf die Schnittkante der Glasplatten als Y-Achse und eine in der nicht deformierten Flüssigkeitsoberfläche liegende Horizontale als X-Achse, so läßt sich leicht zeigen, daß die Oberflächenspannung der zu untersuchenden Flüssigkeit sich ergibt als

$$\alpha = x\, y\, \sigma \operatorname{tg} \frac{\varphi}{2}.$$

Der benutzte Apparat, welcher von der optischen Anstalt von C. P. Goerz in Friedenau bei Berlin ausgeführt worden ist, ist in nebenstehender Figur dargestellt. Die zu untersuchende Flüssigkeit befindet sich in einer Küvette, die von zwei Spiegelglasplatten P_1, P_2 begrenzt wird, welche ihrerseits mittels Schrauben S an ein U-förmiges, beiderseits plangeschliffenes Zwischenstück U angepreßt werden. In die Küvette, welche selbst mit einem

Zapfen in der Grundplatte eines Dreifußes sitzt, taucht, an einem horizontalen Halter hängend, eine bewegliche dritte Spiegelglasplatte P_3, welche mit P_1 den keilförmigen Raum zu bilden bestimmt ist. Um den Flächenwinkel φ zwischen diesen beiden Glasplatten regulieren und messen zu können, wird der die Glasplatte P_3 tragende, um eine horizontale Achse drehbare Arm durch eine Feder F ständig nach vorne gedrückt. Ferner wird die Platte P_3 durch ein verschiebbares Gewicht G mit ihrem unteren Ende nach vorn an die Vorderwand der Küvette gedrückt, sodaß sie, da ihre linke Seite scharfkantig geschliffen ist, auf der ganzen Länge der Berührungslinie mit gleichem Druck an der vorderen Gefäßwand anliegt. Mit ihrer rechten Seite stützt sich die Glasplatte P_3 gegen die Spitze einer Mikrometerschraube M, welche die Entfernung der Platten an dieser Stelle mit einer Genauigkeit von 0,001 *mm* abzulesen gestattet. Diese Entfernung in Verbindung mit dem Abstand der Spitze der Mikrometerschraube von der Schnittkante der beiden Platten P_1 und P_3, welche an einer auf P_3 angebrachten Teilung abgelesen wird, liefert den Flächenwinkel φ. Der Winkel Null zwischen P_1 und P_3, d. h. die Berührung der Platten, wird an auftretenden Interferenzen erkannt. Übrigens ist die Mikrometerschraube, um beim Auseinandernehmen und Reinigen des Gefäßes nicht hinderlich zu sein, an einem kräftigen, zwischen Spitzen gelagerten Träger ausklappbar befestigt.



Der Apparat dient zur subjektiven und objektiven Beobachtung. Zum Zweck der subjektiven Beobachtung wurde ein Fuesssches Kathetometer benutzt, das auch in horizontaler Richtung grob und fein verschoben und mittels Nonius auf 0,05 *mm* abgelesen werden kann. Die objektive Beobachtung geschieht durch Projektion oder durch photographische Fixierung der Erscheinung. Zu diesem Zwecke trägt die Vorderseite der Glasplatte P_1 eine eingeätzte weite Teilung, die mitphotographiert wird. Die photographierten Hyperbeln werden dann gegen diese Teilung ausgewertet, indem man direkt die x und y abliest, oder es werden die Hyperbeln noch bequemer mittels auf Glas geätzter Hyperbeltafeln, wie sie in der geodätischen Praxis vielfach in Gebrauch sind, bestimmt; man erhält dann unmittelbar die Werte der Produkte $x\,y$.

Die photographische Fixierung einer Kurve verdient den Vorzug vor der Bestimmung der einzelnen Ausmessung der Koordinaten mit dem Kathetometer, weil sie die gleichzeitigen Werte einer großen Zahl von Koordinaten wiedergibt. Außerdem wird man durch Benutzung der photographischen Methode auch von den zeitlichen Änderungen der Oberflächenspannung unabhängig, welche schon dadurch auftreten, daß die zu untersuchenden Substanzen Verunreinigungen aus der umgebenden Luft aufnehmen.

Die vom Verf. mitgeteilte Methode ist zunächst nur an zwei Substanzen, absolutem Alkohol und Oleinsäure, erprobt. Die Produkte $x\,y$ zeigen im Gegensatz zur Theorie keine vollkommene Konstanz, sondern einen deutlichen Gang. Sie fallen für kleine Werte von x zu klein aus und nehmen mit wachsendem x bis zu einem konstanten Grenzwert zu. Das Hyperbelgesetz ist also nicht allgemein, sondern nur innerhalb gewisser Grenzen streng richtig.

Ändert man, nachdem sich eine Hyperbel scharf ausgebildet hat, ruckweise den Neigungswinkel φ der beiden Glasplatten mit Hülfe der Mikrometerschraube, so erhält man eine Schar von Hyperbeln, deren jede einem bestimmten Winkel φ entspricht, und die alle auf einer und derselben photographischen Platte fixiert werden können. Die Darstellung von Kurvenscharen ist dem Verf. indessen zunächst nur bei sehr gut benetzenden Flüssigkeiten wie bei Alkohol und Ölen gelungen. *Schl.*

Untersuchungen über die Sonnenstrahlung.

Von C. G. Abbot und F. E. Fowle. *Ann. of the Astrophys. Observatory of the Smithsonian Institution. Bd. II. 245 S. Washington 1908.*

Der Band umfaßt drei Teile. Der erste enthält die Bestimmung der Solarkonstante; der zweite behandelt den Zusammenhang des Erdklimas mit der Sonnenstrahlung, wobei Veranlassung gegeben ist, die Durchlässigkeit der Atmosphäre, die Häufigkeit der Bewölkung, das Reflexionsvermögen der Wolken und die indirekte Sonnenstrahlung teils aus eigenen, teils aus fremden Messungen abzuleiten; der dritte Teil behandelt die Strahlung verschiedener Teile der Sonnenoberfläche.

Seit Radau (1877) und Langley (1881) ist bekannt, daß es nicht genügt, die Gesamtstrahlung der Sonne bei verschiedenen Schichtdicken der Atmosphäre (Sonnenhöhen) zu bestimmen, um daraus auf die Grenze der Atmosphäre zu extrapolieren, sondern daß hierzu außerdem die Energieverteilungskurven bei verschiedenen Sonnenhöhen bekannt sein müssen. Erst wenn man hieraus die Durchlässigkeit der Atmosphäre für die verschiedenen Spektralbezirke abgeleitet hat, ergibt sich die Energieverteilungskurve und Gesamtstrahlung an der Grenze der Atmosphäre.

Auch Abbot und Fowle bedienten sich der Langleyschen Methode[1]). Die Intensitätsverteilung im Sonnenspektrum eines 60°-Glasprismas wurde zwischen 0,37 μ und 2,5 μ automatisch in 11 Minuten mittels des Spektralbolographen aufgenommen und gleichzeitig die Gesamtstrahlung mit einem Pyrheliometer gemessen, wodurch die absolute Auswertung der Energiekurve ermöglicht wird. Die Apparatur soll hier nicht im einzelnen beschrieben werden. Hingewiesen sei aber auf die Konstruktion eines Pyrheliometers in Form eines „absolut schwarzen“ Hohlraumes, dessen Wände von fließendem Wasser umspült werden. Aus der geförderten Wassermenge und ihrer Temperaturerhöhung berechnet sich die absorbierte Wärme.

Die Messungen wurden teils in Washington (10 *m* Meereshöhe), teils auf dem Mount Wilson in Kalifornien (1800 *m*) vorgenommen, wo die Hülfsmittel des *Carnegie Solar Observatory* zur Verfügung standen. An manchen Tagen konnte an beiden Plätzen gleichzeitig beobachtet werden, und die mittlere Übereinstimmung[2]) der unter so verschiedenen Verhältnissen extrapolierten Solarkonstanten bildet den besten Beweis, daß die Langleysche Methode ziemlich einwandfrei arbeitet. Von den 165 verschiedenen Solarkonstantenmessungen verteilen sich die 44 in Washington unternommenen auf die Zeit von Oktober 1902 bis Mai 1907. Sie geben im Mittel $2{,}061 \frac{\text{Kal.}}{cm^2 \text{ Min.}}$. Von den Bestimmungen auf dem Mount Wilson entfallen 59 auf das Jahr 1905 mit dem Mittelwert 2,024, die übrigen auf das Jahr 1906 mit dem Mittelwert 2,020. Die Einzelzahlen zeigen Schwankungen zwischen den Extremen 1,9 und 2,2 Kal., welche nach Ansicht der Verf. nicht auf Versuchsfehler geschoben werden können. Auch die Veränderungen in der Durchsichtigkeit und Feuchtigkeit der Luft wollen die Verf. nicht als einzige Ursache der Solarkonstantenschwankungen ansehen, da sich ein direkter Zusammenhang zwischen der Beschaffenheit der Atmosphäre und dem Werte der Solarkonstante nicht nachweisen läßt. Abbot und Fowle neigen vielmehr zu der Ansicht,

---

[1]) Vgl. *diese Zeitschr.* **4.** *S. 27. 1884*; **14.** *S. 454. 1894*; **22.** *S. 343. 1902.*

[2]) bis auf 3,6 Prozent, um welche die Solarkonstante in Washington größer gefunden wurde als auf dem Mount Wilson.

daß die Intensität der Sonnenstrahlen selbst Schwankungen aufweist, die z. T. nur von kurzer Dauer sind. Mit Rücksicht auf die zur Zeit der Beobachtungen vorhandene Häufigkeit der Sonnenflecken, welche die Solarkonstante verkleinert haben müssen (s. am Schlusse), schätzen sie den wahrscheinlichen Mittelwert der Solarkonstante auf $2{,}1 \frac{\text{Kal.}}{cm^2 \text{ Min.}}$.

Neben der Solarkonstante liefern die Beobachtungen die Energieverteilungskurven des Sonnenspektrums außerhalb der Atmosphäre. Die Kurve ähnelt sehr der Energieverteilungskurve eines absolut schwarzen Körpers von etwa 6800°, dessen Energiemaximum bei der Wellenlänge 0,43 μ liegen würde. Bei dem Sonnenspektrum wird dies Maximum aber verdeckt durch eine sehr starke Absorption in den äußeren Sonnenschichten zwischen 0,4 und 0,5 μ. Aus dem Werte der Solarkonstante ergibt sich andrerseits mit Rücksicht auf Kurlbaums Bestimmung der Strahlungskonstante, daß die Sonne wie eine absolut schwarze Kugel von 6000° strahlt.

Endlich geben die Versuche ein Bild von der Durchlässigkeit der wolkenfreien Atmosphäre über Washington und über dem Mt. Wilson für homogene Strahlung verschiedener Wellenlänge. Sie geben die zahlenmäßigen Belege für die bekannte Tatsache, daß im allgemeinen die Durchlässigkeit mit abnehmender Wellenlänge abnimmt. Eine Ausnahme bilden die Spektralbezirke mit starker selektiver Absorption des Wasserdampfs (die Kohlensäure kommt nicht in Betracht). Diese Absorptionsbänder erfordern eine besondere Behandlung. Aus dem Verhältnis, in dem ihr Flächeninhalt zum Gesamtinhalt der Energiekurve steht, ergibt sich der Energiebetrag, welcher vom Wasserdampf selektiv absorbiert wird.

Die Verf. gehen im folgenden auf die Solarkonstantenmessungen früherer Beobachter ein, deren verschiedene Resultate keineswegs auf den verhältnismäßig kleinen Einfluß des Wasserdampfs zurückgeführt werden können. Selbst der von Langley veröffentlichte Wert 3,0 (1884) übertrifft weit den von Abbot und Fowle, obgleich Langleys Beobachtungen nach derselben Methode und unter günstigen atmosphärischen Verhältnissen angestellt wurden. Abbot und Fowle geben aber den wichtigen Nachweis, daß die Beobachtungen Langleys bei richtiger Extrapolation auf die Grenze der Atmosphäre ebenfalls zu dem Werte 2,06 für 940 m Höhe, bezw. 2,22 für 3500 m Höhe führen, also in guter Übereinstimmung mit ihren eigenen Resultaten sind. Sie zeigen nämlich, daß die alte Bouguersche Formel

$$E = E_0 a^m$$

(worin $E\,d\lambda$ die Energie des Spektralbezirks $d\lambda$, E_0 den Wert von E an der Grenze der Atmosphäre, a die Durchlässigkeit der Atmosphäre über dem Beobachtungsorte für vertikal einfallende Strahlung, m den von der Strahlung durchmessenen Weg im Verhältnis zum Wege der senkrecht einfallenden Strahlung bedeuten) theoretisch begründet ist, sobald sich das variable m stets auf die gleiche Luftschicht bezieht, also z. B. den Sekans der Zenitdistanz der Sonne am Beobachtungsorte bedeutet. Dies hatte Langley übersehen. Dagegen darf die Formel nicht mit derselben Konstante a auf zwei über verschieden hohen Beobachtungsorten lagernde Luftschichten angewandt werden.

Das Ergebnis des ersten Teiles der Untersuchung ist also dies, daß die Solarkonstante nach der spektralbolographischen Methode unabhängig von der Höhe des Beobachtungsortes etwa gleich $2{,}1 \frac{\text{Kal.}}{cm^2 \text{ Min.}}$ gefunden wird. Die stark abweichenden Resultate früherer Beobachter erklären sich hauptsächlich daraus, daß nur pyrheliometrische Messungen der Gesamtstrahlung unternommen und mit unsicher begründeten empirischen Formeln kombiniert wurden.

Im zweiten Teile behandeln Abbot und Fowle die Abhängigkeit des Erdklimas von der Sonnenstrahlung. Die Temperaturverhältnisse der Erdoberfläche sind wesentlich durch das Verhältnis der absorbierten Sonnenstrahlung zur emittierten Eigenstrahlung bedingt Ihre Erklärung erfordert daher die Kenntnis des Reflexions- und Absorptionsvermögens der atmosphärischen Bestandteile (einschließlich Wolken) und der Erdoberfläche für die Sonnen

einstrahlung und Erdausstrahlung. Über das Reflexionsvermögen von Wolken haben die Verf. Messungen angestellt, als deren Ergebnis sie annehmen, daß die mittlere Albedo von Nebelwolken 65% beträgt, d. h. daß die Erde, wenn sie völlig mit niedrigliegenden Wolken bedeckt wäre, 65% der Sonnenstrahlung in den Weltenraum hinein reflektieren würde. Durch Kombination mit den von Arrhenius gesammelten Angaben über die Häufigkeit der Bewölkung auf der Erde ergibt sich weiter, daß etwa 1/3 der Energie, welche die Sonne gegen die Erde strahlt, von den Wolken gegen den Weltenraum reflektiert wird und daher ohne Einfluß auf die Temperaturverhältnisse bleibt. Auch die durch diffuse Reflexion in der wolkenfreien Atmosphäre in den Weltenraum verloren gehende Strahlung wird auf Grund einiger Versuche geschätzt, und die Reflexion an der fest-flüssigen Erdoberfläche zu 8% angenommen. Hiermit kommen die Verf. dann zu dem Schluß, daß die Albedo der Erde 37% beträgt, daß also nur *63% der Sonnenstrahlung von Erde, Luft und Wolken absorbiert werden.*

Hinsichtlich der Erdausstrahlung zeigen Abbot und Fowle, daß wahrscheinlich nicht mehr als 5% der von der fest-flüssigen Oberfläche ausgestrahlten Energie durch den Wasserdampf der Atmosphäre und die Wolkenschichten dringen können. Die wirklich in den Weltenraum ausstrahlende Oberfläche bildet der Wasserdampf in Höhen von 4000 *m* und mehr. Die Kohlensäure spielt im Vergleich zum Wasserdampf nur eine sehr untergeordnete Rolle, eine Ansicht, die der von Arrhenius entgegengesetzt ist. Jene ausstrahlende Wasserdampfschicht kann als fast vollkommen schwarzer Strahler mit einer mittleren absoluten Temperatur von etwa 263° (— 10° C.) angesehen werden. Diese Auffassung stimmt gut mit der obigen Schätzung, daß 63% der Sonnenstrahlung von der Erde absorbiert werden. Denn eine vollkommen schwarze Kugel mit vollkommenem Temperaturausgleich[1]) würde bei Absorption von 63% der Sonnenstrahlung eine absolute Temperatur von 256° annehmen, eine nicht ganz schwarze Kugel würde also wärmer sein.

Im letzten Kapitel des zweiten Teils wird gezeigt, daß Schwankungen der Sonnenstrahlung (z. B. die jährlichen) Temperaturschwankungen hervorbringen, die u. a. wegen der Wärmekapazität der Erde viel kleiner sind, als sie bei momentan eintretendem Strahlungsgleichgewicht sein würden. Nun ergeben sich aber aus den Beobachtungen im Laufe der letzten Jahrzehnte deutliche Schwankungen der jährlichen Mitteltemperatur für Inlandstationen. Es scheint den Verf. möglich, diese auf Intensitätsschwankungen der Sonnenstrahlung zurückzuführen; z. B. besteht ein gewisser Parallelismus zwischen der Höhe der Inland-Mitteltemperaturen und der Häufigkeit der Sonnenflecken in dem Sinne, daß minimale Temperaturen und Sonnenfleckenmaxima zusammentreffen. Dabei deutet nach Abbot und Fowle die Größe der Temperaturschwankungen darauf hin, daß die verminderte Ausstrahlung nicht auf die Fläche der Flecken selbst beschränkt ist, sondern auf ausgedehntere Teile der Sonnenoberfläche sich erstrecken muß.

Der näheren Erörterung dieser Frage ist der dritte Teil der Untersuchung gewidmet, der unter Langleys Leitung im Jahre 1901 begonnen und dann von Palmer, Abbot und Ingersoll mit Unterstützung Hales weitergeführt wurde. Es war bekannt, daß die Helligkeit der Sonnenscheibe von der Mitte nach dem Rande abnimmt, und zwar für kurzwellige Strahlung stärker als für langwellige. Jetzt wurde nun durch fortlaufende spektralbolometrische Helligkeitsmessungen längs eines Durchmessers der Sonnenscheibe festgestellt, daß die Helligkeitsverteilung zeitlichen Schwankungen unterworfen ist, die von den Verf. durch Änderungen in der Durchsichtigkeit der äußeren Sonnenschichten erklärt werden, da sie für Versuchsfehler zu groß sind. *Grüneisen.*

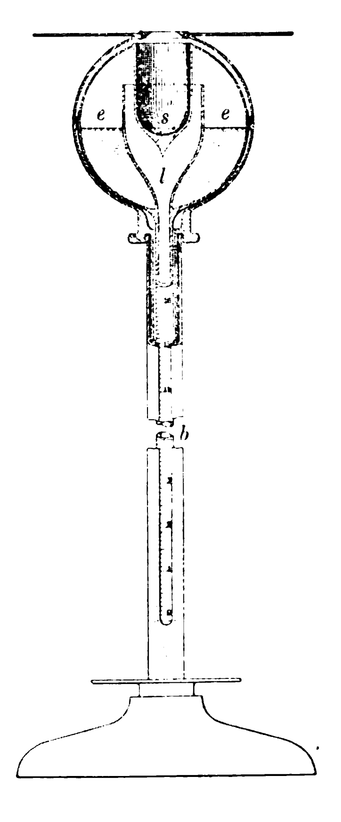
[1]) Wie die Verf. zu zeigen versuchen, würde die Mitteltemperatur der Erdoberfläche von der tatsächlich bestehenden nicht viel abweichen, wenn längs der Oberfläche jederzeit Temperaturgleichheit bestände.

Einfache Methode zur Bestimmung der nächtlichen Ausstrahlung.

Von A. K. Ångström jr. *Ann. d. Physik* **33.** *S. 845. 1910.*

Die zur Bestimmung der Ausstrahlung benutzte, von K. Ångström angegebene Methode besteht darin, daß durch die Abkühlung eines strahlenden, innen schwarzen Hohlkörpers, der von Ätherdampf umgeben ist, eine Kondensation des Äthers hervorgerufen wird. Die Menge des kondensierten Äthers gibt ein Maß für die während einer bestimmten Zeit ausgestrahlte Wärmemenge.

Die Form des nach diesem Prinzip konstruierten Apparates, der vom Verf. Kondensationsaktinometer genannt und von der „Aktiengesellschaft Rose“ in Upsala verfertigt wird, ist aus der Figur zu ersehen. Ein geschlossenes Glasgefäß *e* besitzt oben eine innen mit Ruß geschwärzte Einstülpung *s* und unten einen etwa 15 *cm* langen, mit Teilung versehenen Rohransatz *b*; der letztere erweitert sich im Innern von *e* zu dem Gefäß *l*, das den unteren Teil der Einstülpung *s* umgibt. Das Gefäß *e* ist zur Hälfte mit Äther gefüllt. Der gesamte Glasapparat ist in ein blankes Metallgehäuse eingeschlossen, das zur Ablesung der an *b* befindlichen Skale einen Schlitz und über dem schwarzen Hohlraum *s* eine kreisförmige Öffnung besitzt. Da das blanke Metallgehäuse weniger strahlt als der schwarze Körper, kühlt dieser sich unter seine Umgebung ab. Daher kondensiert an seiner Wandung der Äther und tropft in das Gefäß *l* ab, sodaß ein ständiges Überdestillieren des Äthers von *e* nach *l* hervorgerufen wird. Der in *b* angesammelte Äther kann nach dem Gebrauch des Apparats durch Umkehren desselben nach *e* zurücktransportiert werden.



Aus dem Vorstehenden folgt, daß sich mit dem Apparat nicht Momentanwerte der Ausstrahlung, sondern nur Mittelwerte über längere Zeiten bestimmen lassen. Ferner erfordert er eine Eichung zur Reduktion seiner Angaben auf absolutes Maß. Als Vergleichsinstrument benutzt der Verf. den von K. Ångström früher[1]) für den gleichen Zweck nach dem Prinzip seines Kompensationspyrheliometers[2]) konstruierten Apparat, der Momentanwerte der Ausstrahlung in absolutem Maß zu messen gestattet. Es zeigt sich, daß bei dem Kondensationsaktinometer die Menge des kondensierten Äthers proportional der gesamten ausgestrahlten Wärmemenge ist, und daß die Anzeige des Apparates zwischen $+10^0$ und -13^0 C. von der Temperatur nicht merklich beeinflußt wird. Nach den mitgeteilten Beobachtungen sind die Messungen mit dem Instrument nur mit einer Unsicherheit von wenigen Prozent behaftet.

Die Einfachheit des Apparates und seine leichte Handhabung lassen ihn als sehr geeignet für meteorologische, agrikultur-physikalische und ähnliche Zwecke erscheinen.

Mjsr.

Wellenlängennormale im Eisenspektrum.

Von P. Eversheim. *Ann. d. Physik* **30.** *S. 815. 1909.*

Im Jahre 1907 hatte der Verf. 5 Eisenlinien nach der Fabry-Perotschen Methode ausgemessen (vgl. das Referat in *dieser Zeitschr.* **29.** *S. 235. 1909*, auf das im folgenden noch häufiger Bezug genommen wird) und dabei für die Wellenlängen Werte erhalten, die sämtlich größer waren als diejenigen, welche Fabry und Buisson gefunden hatten. Die Differenz

[1]) *Nova Acta Reg. Soc. Sc. Ups. (IV)* **1.** *Nr. 2. 1905* (nicht *1895*, wie in den Ann. d. Physik angegeben).

[2]) Vgl. das Referat in *dieser Zeitschr.* **20.** *S. 28. 1900.*

zwischen den beiderseitigen Beobachtungen stieg bis zu 0,007 Å. E. (bezüglich der Definition der Ångström-Einheit vgl. das angeführte Referat). In diesem früheren Referat hatte der Ref. bereits darauf hingewiesen, daß die Eversheimschen Resultate schon aus dem Grunde nicht einwandfrei waren, weil die Phasenänderungen an den Silberschichten nicht mit genügender Sicherheit bestimmt werden konnten. In seiner neuen Arbeit erklärt nunmehr der Verf., daß die von ihm früher mitgeteilten Versuche eigentlich nur als Vorversuche zu betrachten seien.

Der Verf. hat inzwischen seine Beobachtungsmethoden vervollkommnet und gibt nun in der obigen Abhandlung die Resultate seiner systematischen Messungen im Eisenspektrum. Mit besonderer Sorgfalt ist jetzt der Einfluß der Phasenverschiebung an den Silberschichten ermittelt worden. Die Glasplatten wurden chemisch nach der Methode von Böttger versilbert, die Schicht war sehr gleichmäßig. Um die Temperaturfehler zu beseitigen, wurden die zu messenden Linien gleichzeitig mit den Cd-Normalen photographiert. Zu diesem Zwecke gelangte das Licht der Eisenlampe direkt, das der Kadmiumlampe von der Seite her in den Apparat. Dies ließ sich mit Hülfe einer schwach versilberten Glasplatte erreichen, die schräg vor die Eisenlampe gestellt wurde, sodaß sich zu dem durchgehenden Lichte des Eisenbogens die reflektierten Strahlen der Kadmiumlampe gesellten.

Das Eversheimsche System von sekundären Normalen besteht aus 56 Eisen-, 2 Mangan-, 3 Nickel- und 3 Bariumlinien und reicht von 4282 bis 6945 Å. E. Von diesen Linien sind 52 auch von Fabry und Buisson (vgl. das frühere Referat) ausgemessen worden. Die Übereinstimmung zwischen den beiderseitigen Werten ist jetzt eine ziemlich gute. Die Wellenlängen-Differenz ist nämlich in 12 Fällen null (d. i. kleiner als 0,001 Å. E.), in 27 Fällen positiv (Wert von Eversheim größer als der von Fabry-Buisson) und in 13 Fällen negativ; sie steigt nur zweimal auf + 0,005, zweimal auf — 0,005 und einmal auf — 0,006 Å. E.

Fabry u. Buisson 1907	Pfund 1908	Eversheim 1909	Eversheim 1907
4282,407	,410	,408	,411
4315,089	,092	,089	—
4352,741	,742	,741	—
4375,935	—	,934	,942
4427,314	,314	,313	—
4494,572	,572	,571	,579
4531,155	,154	—	—
4859,756	,755	,758	,759
4878,226	,223	,224	—
4903,324	,325	,327	—
4919,006	,005	,007	—
5001,880	,883	,885	—
5167,492	,493	,491	—
5232,958	,956	,958	,961
5434,530	,529	,524	—
5455,616	,615	,611	—
5497,521	,521	,523	—
5506,783	,782	,785	—
5586,770	,770	,773	—
5615,658	,657	,662	—
6191,569	,566	,568	—
6230,732	,728	,736	—
6393,612	,608	,613	—
6494,994	,989	,994	—

Der Verf. sagt, in den Fällen, wo die Differenz ± 0,004 Å. E. nicht übersteigt, wird man ohne weiteres den Mittelwert als richtig betrachten dürfen; diejenigen Zahlen indessen, die Abweichungen bis zu 5 oder 6 tausendstel Å. E. zeigen, werden wohl nicht ohne weiteres durch Mittelnehmen berichtigt werden können, da sich nicht entscheiden läßt, woher die Abweichung stammt; die volle Entscheidung wird man wahrscheinlich erst dann treffen können, wenn von dritter Seite vollständige Messungen vorliegen. Hierin kann dem Verf. der Ref. nicht zustimmen. Dieser ist vielmehr der Ansicht, daß die Resultate der sehr sorgfältigen Arbeit von Pfund (vgl. das frühere Referat) ebenfalls zu berücksichtigen sind. Der Verf. führt zwar die Abhandlung von Pfund an, läßt aber ihre Resultate unbenutzt. Nun hat auch dieser gerade 3 von den 5 Linien gemessen, welche Abweichungen von 5 oder 6 tausendstel Å.E. zwischen Fabry-Buisson und Eversheim aufweisen, nämlich die Linien 5002 und 5435 und 5456. In diesen Fällen kann man also bereits eine Entscheidung treffen, und diese fällt, wie aus der vorstehenden Tabelle zu ersehen ist, zugunsten Fabry-Buissons aus. In der Tabelle findet sich eine Zusammenstellung der von den verschiedenen Beobachtern gleichzeitig gemessenen Eisenlinien für trockene Luft von 15° und 760 *mm* Druck.

Der Ref. ist auch jetzt noch der schon früher geäußerten Überzeugung, daß man als sicher annehmen darf, daß die von Fabry und Buisson bestimmten Eisen-Normale bis auf 0,004 Å. E. richtig sind. *Schck.*

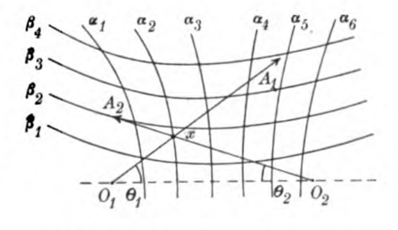
Neue elektrische Meßapparate.

Von Ferrié. *Journ. de Phys.* **9.** *S. 526. 1910.*

Zwei direkt zeigende Meßapparate werden über einer gemeinsamen Skalen-*Fläche* derart angeordnet, daß die Zeiger sich kreuzen. Die Ablenkungen θ_1, θ_2 jedes dieser Meßapparate mögen von denselben zwei Parametern α, β abhängen, während die Art der Abhängigkeit für beide Apparate verschieden ist:

$$\theta_1 = f_1(\alpha, \beta) \qquad \theta_2 = f_2(\alpha, \beta). \qquad 1)$$

Gibt man nun einem der Parameter α einen beliebigen konstanten Wert und verändert allmählich β, so beschreibt der Schnittpunkt x der sich um die Punkte O_1, O_2 drehenden Zeiger A_1, A_2 (s. die Figur) eine Kurve, die man auf die Skalenfläche zeichnet und mit dem konstanten Wert von α versieht. Auf diese Weise kann man daher je eine Schar von α-Kurven und β-Kurven zeichnen. Läßt man also einen beliebigen Vorgang der durch die Gl. 1) charakterisierten Art auf die beiden Meßapparate wirken, so kann man am Schnittpunkt der beiden Zeiger die Größe von α und β ablesen. Zwei der Beispiele, die vom Verf. angeführt werden, mögen zur Erläuterung dienen.



a) Gleichzeitige Messung von Widerstand w und Leistung q in einem Gleichstromkreis.

Die beiden Meßapparate sind ein Spannungs- und ein Stromzeiger; sie messen den Spannungsabfall e an dem zu messenden Widerstand und den Strom i, der in ihm fließt. Die Gleichungen sind

$$e = \sqrt{w q} \qquad i = \sqrt{q/w}.$$

Hieraus ergeben sich die beiden Kurvenscharen für w und q.

b) Messung von Frequenz (und Spannung) eines Wechselstromes.

Eine Wechselstrom-Spannung V wird durch eine Stromverzweigung geschlossen, von der der eine Zweig einen induktionslosen Widerstand w_1, der andere eine Selbstinduktion L_2 vom Widerstand w_2 enthält. Außerdem ist in jedem Zweig je ein Hitzdraht-Strommesser eingeschaltet; ihre Zeiger kreuzen sich. Dann ist

$$J_1 = V/w_1 \qquad J_2 = V/\sqrt{w_2^2 + \omega^2 L_2^2}.$$

Danach kann eine Kurvenschar für die Spannung V und eine solche für die Kreisfrequenz ω gezeichnet werden.

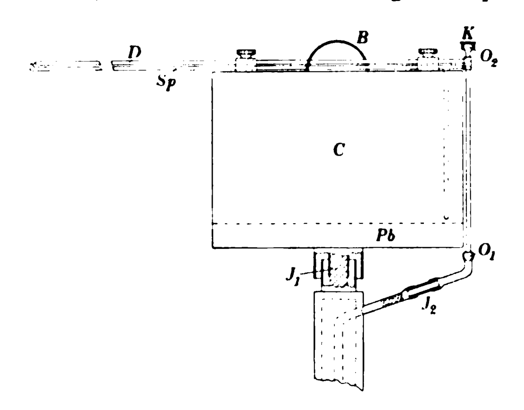
Die Apparate werden von J. Carpentier in Paris in den Handel gebracht. *E. O.*

Ein Spritzkollektor mit kurzer praktischer Ladezeit.

Von W. **Budig**. *Physikal. Zeitschr.* ***11.*** *S. 596. 1910.*

Der Spritzkollektor, ein isoliert aufgestellter Flüssigkeitsbehälter mit einer Ausflußspitze, ermöglicht die Messung des an einer Stelle der Atmosphäre herrschenden Potentials dadurch, daß er durch die von der Spitze sich ablösenden Flüssigkeitstropfen — also durch fortgesetzte Ladungsteilung — auf das in der Umgebung der Spitze herrschende Potential gebracht wird. Vor den Kollektoren, die mit einer Flamme oder einem radioaktiven Präparat die umgebende Luft ionisieren und durch die Ionenleitung auf das zu messende Potential gebracht werden, besitzt der Spritzkollektor den Vorzug, daß bei ihm schädliche Einflüsse auf gleichzeitige Messungen des Leitvermögens oder des Ionengehalts der Luft nicht zu befürchten sind, und daß die Stelle, an der das Potential gemessen wird, besser definiert ist. Nachteilig war dagegen bisher bei der Verwendung des Spritzkollektors, daß sein Flüssigkeitsinhalt häufig erneuert werden mußte.

Es ist wünschenswert, daß die Zeit, in der der Kollektor das zu messende Potential annimmt, möglichst kurz ist, einmal der Abkürzung der Messung halber, und weil das Potentialgefälle der Atmosphäre ziemlich schnellen Schwankungen unterworfen sein kann, ferner damit gegenüber dem Potentialausgleich an der Spitze der Ladungsverlust, der an den von der Spitze entfernteren Teilen der Meßanordnung durch Ionenleitung eintritt, nicht in Frage kommt. Der Potentialausgleich an der Spitze läßt sich beschleunigen einmal durch Vergrößerung der Menge der ausgespritzten Flüssigkeit, was unerwünscht ist, und zweitens durch die Verkleinerung der Tropfengröße. Da die Kapazität eines Kugeltropfens der ersten Potenz, der Inhalt aber der dritten Potenz des Radius proportional ist, steigt die Wirksamkeit des Kollektors etwa umgekehrt mit dem Quadrat des Radius. Linke sowie Conrad ließen die Flüssigkeit unter Druck durch eine feine Öffnung spritzen, wodurch sie sich in feine Tröpfchen zerteilte. Conrad erhielt so eine praktische Ladezeit von 13 bis 20 Sekunden bei einer Kapazität von 70 *cm*. Unter Umständen ist eine noch kürzere Ladezeit erwünscht. Die Gefahr, daß sich die feine Öffnung verstopfte, ließ sich durch Filter herabdrücken, aber doch nicht völlig beseitigen. Smirnow ließ durch einen Pulverisator gleichzeitig Flüssigkeit und Luft austreten und erzielte so eine feine Zerstäubung und eine kurze Ladezeit, aber der Flüssigkeitsverbrauch war sehr erheblich.



Der Verf. erreichte eine sehr kurze Ladezeit bei geringem Flüssigkeitsverbrauch durch einen Zerstäuber, wie er bei Blumenspritzen und Inhalationsapparaten bekannt ist. In das dünne Druckrohr D aus Messing (vgl. die Figur) wird durch ein Handgebläse Luft hineingepreßt, die durch die Spitze entweicht und durch das darunter gelötete Spritzrohr Sp Wasser oder Alkohol aus dem Behälter C ansaugt und zerstäubt. Die aus den beiden Röhrchen gebildete Sonde ragt 35 *cm* über das Gefäß hinaus.

Zur Messung auf dem Erdboden wird das Gefäß auf die durch Messingzylinder abgeschützte Hartgummiisolation J_1 eines hölzernen Statives gesetzt. An das Ende O_1 des Druckrohres wird ein Kautschukschlauch gesteckt, der durch das Stativ hindurch zum Handgebläse führt. Das Hartgummirohr J_2 isoliert den Kollektor von dem Gebläse (J_2 ist ebenfalls geschützt, was nicht gezeichnet ist). Ein Glaswollebausch schützt J_2 vor Staub. Die Öffnung O_2 ist durch die Kappe K verschlossen.

Zur Messung im Ballon wird der Kollektor an dem Bügel B isoliert aufgehängt, der Schlauch mit der Isolation J_2 wird bei O_2 aufgesteckt und O_1 mit der Kappe K verschlossen. Der Boden des Gefäßes ist mit Blei (Pb) ausgegossen, um das Pendeln des Apparates am Ballon zu vermindern.

Bei einem Kollektorsystem, das nebst Elektroskop und 6 *m* Zuleitung eine Kapazität von 76 *cm* hatte, betrug die praktische Ladezeit nur 4 Sekunden und der Alkoholverbrauch 10 *ccm* pro Minute. Da das Gefäß 500 *ccm* faßt, kann bei der kurzen Dauer der Messung eine sehr große Zahl von Einzelmessungen mit einer einmaligen Füllung ausgeführt werden.

Durch einen Versuch unter einem Drahtkäfig überzeugte sich der Verf., daß durch die Zerstäubung keine Eigenladungen des Kollektors von einer Größe auftreten, die die Messung beeinflussen könnten.

Das Instrument wird von Hrn. Mechaniker Schulze in Potsdam-Charlottenhof angefertigt.

Schg.

Bücherbesprechungen.

A. Claude u. L. Driencourt, *Description et usage de l'astrolabe à prisme.* 8°. XXX, 392 S. m. 35 Fig. u. 7 Taf. Paris, Gauthier-Villars 1910. 15 fr.

Es ist höchst erwünscht, daß die Verfasser, Erfinder und Verbesserer des einfachsten Instruments zur Beobachtung von Sterndurchgängen durch einen bestimmten, konstanten Höhenparallel (nahe bei $z = 30°$, vgl. die Besprechungen in *dieser Zeitschr.* **23.** *S. 305. 1903;* **26.** *S. 338. 1906;* **27.** *S. 18. 1907*) sich der Mühe unterzogen haben, ein vollständiges Handbuch für das Instrument und die zu seinem Gebrauch notwendigen Vorbereitungen zu veröffentlichen. Denn das Prismenastrolabium ist jetzt „aus dem Versuchsstadium herausgetreten" und bereits zum wichtigen Gebrauchsinstrument geworden. Schon 1905 wollten die Verf. ein solches Handbuch herausgeben, dem allein das von Vion hergestellte erste Modell des Instruments hätte zugrunde gelegt werden können; gerade um jene Zeit wurde aber die neue verbesserte Ausführung des Instruments von Jobin in mehreren verschiedenen Größen fertig, die zuerst in einen Anhang des Buchs verwiesen werden sollten, bald aber wegen ihrer großen Vorteile (Einfachheit der Aufstellung und Prüfung; Bequemlichkeit und Sicherheit der Beleuchtung) die alleinige Gunst der Geodäten und Reisenden errang. Die Verf. haben sich dadurch veranlaßt gesehen, den ganzen ersten Teil ihres Buchs umzuarbeiten und zu ergänzen. Ferner ist das Instrument, außer zu seiner ursprünglichen Bestimmung der Ortszeit- und Polhöhen-Messung, neuerdings zur absoluten Längenermittlung gebraucht worden (u. a. bei der französischen Kommission zur Grenzfeststellung zwischen dem französischen Kongogebiet und Kamerun, Mission Moll, Beobachter Mailles und Dardignac) mit Anwendung der Methode gleicher Zenitdistanzen des Mondes und benachbarter Sterne; mit großem Erfolg, wie u. a. das Beispiel der Länge von Domraou, *S. 373*, zeigt. Auch diese Anwendung war in das Buch aufzunehmen.

Dieses setzt sich nun aus 7 Abschnitten zusammen: I. Grundlage des Messungsverfahrens und Beschreibung der Vionschen Ausführung des Instruments; II. Instrumente von Jobin; III. Methoden der Beobachtung von Sternen in gleichen Höhen zur Bestimmung von Polhöhe und Ortszeit und Anwendung im speziellen Fall des Prismenastrolabiums mit graphischer Ausgleichung; IV. Bestimmung geographischer Längen (s. o.); V. Vorbereitung der Beobachtungen (Anwendung von Tafeln und Nomogrammen); VI. Identifizierung der beobachteten Sterne; VII. Praxis der Beobachtung und der Rechnung, mit zahlreichen Beispielen. Sicher wird das Erscheinen dieses vortrefflichen und vollständigen Handbuchs die Verbreitung der Anwendung des Instruments rasch weiter fördern.

Es wird die Leser interessieren, zu hören, daß das Instrument auch schon in Deutschland gebaut wird, nämlich von F. Sartorius in Göttingen (Hauptpreisliste, Abtlg. IV: Astronomische, erdmagnetische und geodätische Instrumente, Ausgabe 1910, *S. 44a bis 47a*) in zwei Größen: Fernrohr 52 *mm* Öffnung, 49 *cm* Brennweite, Prisma 52 *mm* Seitenlänge; Fernrohr 36 *mm* Öffnung, 34 *cm* Brennweite, Prisma 36 *mm* Seitenlänge; Preis 2200 und 1200 M.; eine kurze Übersichtstafel der Azimute und der Stundenwinkel für die Zenitdistanz 30° ist *a. a. O.* beigegeben.

Hammer.

Neu erschienene Bücher.

Fortschritte der mathematischen Wissenschaften in Monographien. Hrsg. v. O. Blumenthal. Lex. 8°. Leipzig, B. G. Teubner.

1. Heft: H. Minkowski, Zwei Abhandlungen über die Grundgleichungen der Elektrodynamik. Mit e. Einführungswort v. O. Blumenthal. 82 S. 1910. 2,40 M.

J. Wallace, *Logarithmic Land Measurement.* gr. 8°. Mit Figuren. London 1910. Geb. in Leinw. 6,50 M.

J. Anglas, *Précis d'Acoustique physique, musicale et physiologique.* 8°. 386 S. m. Fig. Paris 1910. 10,50 M.

H. Erdmann, Lehrbuch der anorganischen Chemie. 5. Aufl. 13.—16. Taus. gr. 8°. XXVIII, 807 S. m. d. Porträt des Verf. in Gravüre, 319 Abbildgn., 95 Tab., 1 Rechentaf. u. 7 farb. Taf. Braunschweig, F. Vieweg & Sohn 1910. 16 M.; geb. in Leinw. 17 M.

H. Kayser, Handbuch der Spektroskopie. 5. Bd. Lex. 8°. VI, 853 S. m. 3 Fig. u. 2 Taf. Leipzig, S. Hirzel 1910. 48 M.; geb. 52 M.

Jahrbuch der Chemie. Berichte über die wichtigsten Fortschritte der reinen und angewandten Chemie. Hrsg. v. R. Meyer. 19. Jahrg. 1909. gr. 8°. XII, 608 S. Braunschweig, F. Vieweg & Sohn 1910. 18 M.; geb. in Leinw. 19 M.; in Halbfrz. 20 M.

Schriften, Mathematisch-physikalische, für Ingenieure u. Studierende. Hrsg. v. E. Jahnke. 8°. Leipzig, B. G. Teubner.

10, I. A. Byk, Einführung in die kinetische Theorie der Gase. I. Bdchn.: Die idealen Gase. V, 102 S. m. 14 Abbildgn. 1910. 2,80 M.; geb. in Leinw. 3,20 M. — 11, I. A. Kalähne, Grundzüge der mathematisch-physikalischen Akustik. I. Tl. VII, 130 S. m. 19 Fig. 1910. 3,20 M.; geb. 3,60 M.

A. W. Duff u. A. W. Ewell, *Manual of Physical Measurements.* 2. Ausg. 8°. Mit Fig. Philadelphia 1910. Geb. 7,50 M.

F. Bendt, Grundzüge der Differential- und Integralrechnung. 4., verb. Aufl. kl. 8°. XVI, 268 S. m. 39 Abbildgn. Leipzig, J. J. Weber 1910. Geb. in Leinw. 3 M.

E. Weinschenk, Anleitung zum Gebrauch des Polarisationsmikroskops. 3., verb. Aufl. gr. 8°. VIII, 164 S. m. 167 Fig. Freiburg i. B., Herder 1910. 4,50 M.; geb. in Leinw. 5 M.

H. Zimmermann, Rechentafel nebst Sammlung häufig gebrauchter Zahlenwerte. 6. Aufl. 15.—17. Taus. gr. 8°. Berlin, W. Ernst & Sohn 1910.

Ausg. A ohne besondere Quadrattaf. XXXIV, 204 S. Geb. in Leinw. 5 M. — Ausg. B mit Anhang, enth. Quadrattaf. VI, 204 u. 20 S. Geb. in Leinw. 6 M.

Fr. Heer, Feldmessen u. Nivellieren. Elementare Anleitung f. die Schule u. zum Selbstunterricht. 8°. VIII, 49 S. m. 57 Fig. Wiesbaden, C. W. Kreidel 1910. 1 M.

Ph. Huber, Handbuch der Mechanik. 8. Aufl. Den Fortschritten der Technik entsprechend neu bearb. v. Dir. Prof. W. Lange. kl. 8°. XIV, 291 S. m. 233 Abbildgn. Leipzig, J. J. Weber 1910. Geb. in Leinw. 3,50 M.

E. Abbe, Die Lehre von der Bildentstehung im Mikroskop. Bearb. u. hrsg. v. O. Lummer u. F. Reiche. gr. 8°. XII, 108 S. m. 57 Abbildgn. u. 1 Bildnis Ernst Abbes. Braunschweig, F. Vieweg & Sohn 1910. 5 M.; geb. in Leinw. 6 M.

A. W. Duff, *Textbook of Physics.* 2. Ausg. 8°. London 1910. Geb. in Leinw. 10,80 M.

L. Medicus, Einleitung in die chemische Analyse. gr. 8°. Tübingen, H. Laupp.

1. Heft: Kurze Anleitung zur qualitativen Analyse. Zum Gebrauche beim Unterricht in chemischen Laboratorien. 14. u. 15., verb. u. verm. Aufl. VIII, 185 S. m. 4 Abbildgn. 1910. 2 M.; geb. 2,80 M.

Bibliothek der gesamten Technik. Neue Aufl. kl. 8°. Hannover, Dr. M. Jänecke.

12. Bd. W. Miller, Die Vermessungskunde. Ein Taschenbuch f. Schule u. Praxis. 3. Aufl. XI, 256 S. m. 202 Abbildgn. 1910. Geb. in Leinw. 4,50 M.

Namen- und Sach-Register.

Verzeichnis der Referenten des Jahrgangs 1910.

Name	Wohnort
Geh. Reg.-Rat Prof. Dr. E. Brodhun (*E. Br.*)	Charlottenburg
Prof. Dr. Diesselhorst (*Dst.*)	Braunschweig
Prof. Dr. R. Emden	München
Prof. Dr. Gehrcke	Charlottenburg
Dr. Giebe (*Gb.*)	Charlottenburg
Prof. Dr. Göpel (*G.*)	Charlottenburg
Dr. Grüneisen (*Grn.*)	Charlottenburg
Geh. Reg.-Rat Prof. Dr. Gumlich (*Glch.*)	Charlottenburg
Prof. Dr. Hammer	Stuttgart
Prof. Dr. J. Hartmann (*J. H.*)	Göttingen
Dr. Henning (*Hng.*)	Charlottenburg
Dr. Hoffmann (*Hffm.*)	Charlottenburg
Geh. Reg.-Rat Prof. Dr. W. Jaeger (*W. J.*)	Charlottenburg
Dr. L. Janicki (*L. J.*)	Charlottenburg
Admiralitäts-Rat Prof. Dr. E. Kohlschütter (*Ks.*)	Berlin
Dr. A. König (*A. K.*)	Jena
Dr. H. Lehmann	Jena
Prof. Dr. E. Liebenthal (*E. Lb.*)	Charlottenburg
Dr. Löwe (*Lö.*)	Jena
Prof. Dr. Martens (*Ms.*)	Berlin
Prof. Dr. H. Maurer (*H. M.*)	Berlin
Dr. Meißner (*Mfsr.*)	Charlottenburg
Prof. Dr. E. Orlich (*E. O.*)	Charlottenburg
Dr. M. v. Rohr	Jena
Prof. Dr. Rothe (*Rt.*)	Clausthal
Prof. Dr. Scheel (*Schl.*)	Charlottenburg
Dr. Schering (*Schg.*)	Charlottenburg
Dr. Schmidt (*Scht.*)	Charlottenburg
Dr. Schönrock (*Schck.*)	Charlottenburg
Prof. Dr. S. Valentiner (*S. V.*)	Clausthal
Prof. B. Wanach	Potsdam

Verlag von Julius Springer in Berlin N. — Universitäts-Buchdruckerei von Gustav Schade (Otto Francke) in Berlin N.

ZEITSCHRIFT
FÜR
INSTRUMENTENKUNDE.

Organ
für
Mitteilungen aus dem gesamten Gebiete der wissenschaftlichen Technik.

Herausgegeben
unter Mitwirkung der
Physikalisch-Technischen Reichsanstalt
von
L. Ambronn in Göttingen, **W. Foerster** in Berlin, **R. Fuess** in Berlin, **E. Hammer** in Stuttgart, **F. R. Helmert** in Potsdam, **H. Kronecker** in Bern, **H. Krüss** in Hamburg, **V. v. Lang** in Wien, **A. Raps** in Berlin, **J. A. Repsold** in Hamburg, **A. Rueprecht** in Wien, **R. Straubel** in Jena, **A. Westphal** in Berlin.

Redaktion: Geh. Reg.-Rat Prof. Dr. **St. Lindeck** in Charlottenburg-Berlin.

Dreißigster Jahrgang.

1910.

12. Heft: Dezember.

Inhalt:

Berlin.
Verlag von Julius Springer.
1910.

Hierzu Beiblatt: (Deutsche Mechaniker-Zeitung.) — Nr. 23 u. 24.

Die Zeitschrift für Instrumentenkunde

erscheint in monatlichen Heften von etwa 4 Quartbogen (Hauptblatt) und einem Beiblatt (Deutsche Mechaniker-Zeitung) im Umfange von etwa 2 Bogen im Monat. — Preis des Jahrgangs M. 20,—.

Vom Jahre 1911 ab kostet der Jahrgang M. 24,—.

Wissenschaftliche Original-Beiträge werden honoriert.

Autoren von Arbeiten, die in anderen Zeitschriften des In- und Auslandes erschienen und für die Leser der Zeitschrift für Instrumentenkunde von Interesse sind, werden um Einsendung eines Sonderabzuges gebeten, um darüber im Referate-Teil berichten zu können.

Redaktionelle Anfragen und Mitteilungen für das Hauptblatt wolle man an den Redakteur, Geh. Reg.-Rat Prof. Dr. St. Lindeck, Charlottenburg-Berlin, Bismarck-Straße 61 III, richten.

nimmt Anzeigen gewerblichen und literarischen Inhalts, Stellengesuche und -Angebote etc. auf und sichert denselben die weiteste und zweckmäßigste Verbreitung.

Bei jährlich	1	3	6	12 mal. Aufnahme
kostet die einmal gespaltene Petitzeile	50	45	40	30 Pf.

Anzeigen werden von der Verlagshandlung, sowie von den Annoncenexpeditionen angenommen.

Beilagen werden nach einer mit der Verlagshandlung zu treffenden Vereinbarung zugefügt.

Abonnements nehmen entgegen alle Buchhandlungen und Postanstalten des In- und Auslandes, sowie auch die Verlagsbuchhandlung von Julius Springer in Berlin N., Monbijouplatz 3.

Hierzu eine Beilage vom Internat. Ausschufs zur Herausgabe von Jahrestabellen chem., physikal. und technolog. Konstanten und Zahlenwerte.

Universitäts-Buchdruckerei von Gustav Schade (Otto Francke) in Berlin N.


OF MICHIGAN
3 9015 03551 5132

